



# **Universitat Autònoma de Barcelona**

## **ACCIDENTS AERIS**

Memòria del Treball de Fi de Grau  
Grau en Gestió Aeronàutica

Realitzat per:

*Thelma Owusu Kwabeng i Ekuban*

Dirigit per:

*Liana Napalkova*

*Escola d'Enginyeria*

*Sabadell, 2 de Juliol de 2020*



*La sotasignada, Liana Napalkova,  
professora de l'Escola d'Enginyeria de la UAB,*

**CERTIFICA:**

*Que el treball al que correspon la present memòria ha estat realitzat, sota la seva direcció,  
per Thelma Owusu Kwabeng i Ekuban.*

*I per tal que consti, firma la present.*

**Signat: Liana Napalkova**

LIANA \_  
NAPALKOVA -  
DNI Y1986704R

Digitally signed by  
LIANA NAPALKOVA  
DNI Y1986704R  
Date: 2020.06.29  
19:46:58 +02'00'

*Sabadell, Juliol de 2020*

## FULL DE RESUM

Títol del Treball Fi de Grau: ACCIDENTS AERIS	
Autor[a]: Thelma Owusu Kwabeng i Ekuban	Data: GENER-JULIOL 2020
Titulació: GRAU EN GESTIÓ AERONÀUTICA	
<p><b>Resum del Treball Fi de Grau</b> (extensió màxima 100 paraules)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Català:</b> Aquest projecte a basa en conèixer i analitzar des de dins els motius pels quals s'originen els accidents aeris. Tanmateix per demostrar, tot el procés de seguretat pel qual es caracteritza tant el sector aeri. A més, estudiar des d'una perspectiva més pràctica, el cas Spanair JK5022, el qual va ser un accident aeri que va marcar un abans i un després a la història de l'aviació d'Espanya. Per altra banda, en aquest projecte es vol entendre realment tots els factors que juguen en el moment que es desencadena una catàstrofe aèria.         </li> <li> <b>Castellà:</b> Este proyecto se basa en conocer y analizar desde dentro los motivos por los qué se originan los accidentes aéreos. Asimismo, demostrar todo el proceso de seguridad por el cual se caracteriza el sector aéreo. Además, estudiar desde una perspectiva más práctica, el caso de Spanair JK5022, el cual fue un accidente aéreo que marcó un antes y un después en la historia de la aviación en España. Por otra parte, en este proyecto se quiere entender realmente todos los factores que entran en juego en el momento que se desarrolla una catástrofe aérea.         </li> <li> <b>Anglès:</b> This project is based on knowing and analyzing from a close point of view, why there are aircraft accidents. Also demonstrate, the entire security and safety process by which the aviation sector is characterized. In addition, to study from a more practical perspective, the case of Spanair JK5022, which was a plane crash that marked a before and after in the story of aviation in Spain. On the other hand, this project is set to understand all the factors that come into play when there is an aircraft disaster.         </li> </ul>	

*Piloto muerto, piloto culpable.*  
-Anónimo

## AGRAÏMENTS

*Ens agradaria donar les gràcies a totes les persones que han col·laborat en la realització del present treball, però en concret a la nostra tutora Liana Napalkova, per l'orientació, la dedicació i la motivació, que ens ha transmès en tot moment. També volem fer un agraïment molt especial a Enaire, per donar-nos l'oportunitat de conèixer el sector aeronàutic de més a prop.*

## FIGURES

▪ [Figura 1]. Aterratge d'emergència a l'aeroport de Moscou. <b>Font:</b> Vilaweb.....	13
▪ [Figura 2]. Evolució dels accidents aeris globals. <b>Font:</b> Aviation Safety Network.....	15
▪ [Figura 3]. Tendència d'accidents i accidents mortals del 2014-2018. <b>Font:</b> OACI.....	15
▪ [Figura 4]. Distribució de regions. <b>Font:</b> OACI.....	19
▪ [Figura 5]. Distribució d'accidents per regions 2019. <b>Font:</b> OACI.....	19
▪ [Figura 6]. Percentatge de tràfic aeri i d'accidents per regions 2019. <i>Elaboració pròpia.</i> <b>Font:</b> OACI.....	20
▪ [Figura 7]. Accidents mortals per fases de vol, 1959-2019. <b>Font:</b> Boeing.....	20
▪ [Figura 8]. Aeronau de Southwest i la pèrdua de pell de la corona de fuselatge, 2011. <b>Font:</b> Imatges Google.....	33
▪ [Figura 9]. Aeronau Japan Airlines, 1985. <b>Font:</b> Imatges Google.....	34
▪ [Figura 10]. Aeronau British Airways, 1990. <b>Font:</b> Imatges Google.....	35
▪ [Figura 11]. Restes cabina passatgers. <b>Font:</b> CIAIAC.....	42
▪ [Figura 12]. Part de la llista de comprovació. <b>Font:</b> CIAIAC.....	44
▪ [Figura 13]. Identificació dels Flaps/Slats. <b>Font:</b> Imatges Google.....	46
▪ [Figura 14]. Controls dels Flaps/Slats. <b>Font:</b> CIAIAC.....	47
▪ [Figura 15]. Localització dels supervivents. <b>Font:</b> CIAIAC.....	48
▪ [Figura 16]. <i>Queso de Reason</i> . <b>Font:</b> Seguridad del paciente.....	54
▪ [Figura 17]. Exemple de la vibració d'un rodament. <b>Font:</b> Petrochemical Maintenance. 59	
▪ [Figura 18]. Diferència entre el manteniment predictiu i preventiu. <b>Font:</b> EXSYN.....	60
▪ [Figura 19]. Jesús López i Jiménez. <b>Font:</b> LinkedIn.....	65

## TAULES

- [Taula 1]. Classificació d'accidents mortals fins el Maig del 2020. *Elaboració pròpia*..... 40
- [Taula 2]. Sinopsis de l'accident. *Elaboració pròpia*..... 42
- [Taula 3]. Resum causes accident Spanair. *Elaboració pròpia*..... 58

# ÍNDEX

INTRODUCCIÓ .....	10
Estat de l'art .....	10
Objectius .....	10
Motivació.....	11
Novetat.....	11
Metodologia .....	11
Estructura del treball.....	12
1. DEFINICIÓ D'ACCIDENT AERI .....	13
2. ANÀLISI HISTÓRIC.....	14
2.1 Història de l'evolució accidents aeris .....	14
2.2 Aviació comercial .....	15
2.2.1 Regió RASG ( <i>Regional Aviation Safety Groups</i> ).....	19
2.2.2 Fases del vol .....	20
3. PROCÉS D'ANÀLISI DE DADES.....	22
3.1 Factor Humà.....	22
3.1.1 Errors en la <i>Comunicació</i> .....	23
3.2 Factor Meteorològic.....	24
3.2.1 Accidents aeris per Baixa Visibilitat.....	25
3.2.2 Accidents aeris per <i>Gelament</i> .....	26
3.2.3 Accidents aeris per <i>Turbulència</i> .....	27
3.2.4 Accidents aeris per <i>Wind shear</i> .....	28
3.2.5 <i>Altres causes</i> .....	30
3.3 Factor de Manteniment Mecànic/Tècnic.....	30
4. ANÀLISI D'ACCIDENTS A NIVELL GLOBAL 2020 .....	36
5. ANÀLISI DE L'ACCIDENT SPANAIR JK5022 .....	42
5.1 Descripció de l'accident segons la investigació oficial CIAIAC .....	42
5.2 Causes Fonamentals.....	45
5.2.2 Segons la <i>CIAIAC</i> .....	45
5.2.3 Segons <i>Rafael Vidal</i> .....	48
5.2.4 Segons <i>Boieng</i> .....	51
5.2.5 Segons el <i>Representant dels Pilots</i> .....	54
6. MANTENIMENT PREDICTIU .....	59
6.1 Què és?.....	59



6.2 Objectiu del Manteniment Predictiu en l'aviació.....	60
6.3 Manteniment Preventiu vs Manteniment Predictiu .....	60
6.4 EXSYN .....	61
6.5 GE AVIATION'S DIGITAL WORKS.....	63
7. ENTREVISTA A JESÚS LÓPEZ JIMÉNEZ .....	65
CONCLUSIONS .....	70
REFERÈNCIES .....	73
Enllaços.....	73
Articles.....	74
Informes .....	74
ANNEX I – REGIONAL AVIATION SAFETY GROUP REGIONS.....	75

## INTRODUCCIÓ

### Estat de l'art

Actualment, cal tenir present que el transport aeri ofereix una seguretat operacional que la resta de transports no brinden. Les estadístiques demostren que és una de les formes de desplaçament de persones amb menor nombre d'accidents anuals. Tot i això, és considerable l'alt percentatge de persones que tenen por a volar, i a tenir un accident. Ja sigui, perquè l'aeronau surti de la pista, pateixi un aterratge forçós, visqui una situació d'amenaça terrorista o una avaria en algun dels seus components. Tanmateix, entenem però que la por que poden tenir aquestes persones a patir un accident aeri, es pot entendre des de la combinació de sensacions i emocions que genera el cervell en el moment d'agafar un avió, és a dir, des de l'avís intel·ligent que els ajuda a comprendre i avaluar la situació.

I és que, explicar el motiu pel qual s'origina un accident d'avió és important, no perquè els familiars que es quedin puguin passar pàgina, ja que és evident. Tampoc per tal d'establir responsabilitats, que també és evident. Si no que es tracta, d'anar més enllà, i sobretot entendre de quina manera les persones humanes i les màquines fallen, per tal de poder evitar que es repeteixi l'accident en un futur. És tan fàcil com passar de la possibilitat a la probabilitat. Amb això en referim, que en el moment que una aeronau s'enlaira ningú sap de ciència certa si s'originarà una catàstrofe o no, es pot deduir que és possible però no es pot saber. Per tant, deixant de banda que la seguretat aèria és excepcional, cal tenir present que de cada accident aeri se n'aprèn, per tal de reduir molt més la possibilitat de patir un accident en el futur.

### Objectius

Quant a objectius, volem confirmar la seguretat extrema que existeix en el sector aeronàutic, els diversos factors que entren en joc en el moment de tenir un accident, és a dir, entendre que és una cadena de factors que fan que s'origini una catàstrofe, però que en cap cas hi ha un sol responsable. Que hi ha molts altres causants a part del factor humà, que desgraciadament és el que més present tenim, que tenen responsabilitat quan s'origina un accident. A més, analitzar un cas real detalladament, per poder extreure les nostres pròpies conclusions.

I alhora, en certa manera fer veure el lector, a partir d'exemples, que el sector aeronàutic i les aeronaus pateixen accidents en situacions molt específiques, i que les persones que tenen temor a volar, entenguin quin és el límit real entra la seguretat i la perillositat, que t'ofereix el fet de

transportar-te en avió, seguretat 100, perillositat 0. Finalment, ens agradaria adquirir i augmentar el nostre coneixement en el sector aeronàutic.

## Motivació

Varis són els motius que han fet que escollíssim aquest tema, però el principal és que abans de començar el Grau en Gestió Aeronàutica, no teníem massa coneixement de l'extrema seguretat que ofereix un avió abans, durant i després del vol.

A més, el fet d'haver realitzat l'assignatura de Tècniques de Navegació i Control del Trànsit Aeri en la qual, ens van explicar els diversos motius pels quals s'originaven els accidents aeris i la poca freqüència en què realment es donaven, ens van motivar molt més a investigar sobre el tema.

Així doncs, aquest fet va actuar com un altre detonant que va fer que ens endinséssim en el món dels accidents aeris, per analitzar-los en profunditat i amb detall per entendre així els motius pels quals s'originen.

Tanmateix, creiem que el tema dels accidents aeris és important per tal de no quedar-nos només amb la punta de l'iceberg, sinó entendre les causes reals per les quals s'ha produït, i evitar que es torni a repetir, a més, d'aquesta manera poder millorar la seguretat de les aeronaus i consegüentment la resposta dels equips de terra durant les actuacions d'emergència.

## Novetat

Creiem que és interessant analitzar els accidents aeris des de la perspectiva crítica de no buscar culpables, sinó d'entendre les causes i els factors determinants que fan que s'originin. Per tal de poder evitar-los en un futur.

## Metodologia

Per tal de poder assolir els objectius plantejats anteriorment, és important definir una metodologia de treball.

En primer lloc, hem realitzat una recerca consultant enllaços per obtenir informació relacionada amb el sector aeronàutic, concretament els factors implicats a l'hora d'originar-se un accident aeri i la seva evolució al llarg del temps.

A més, per complementar la informació obtinguda, hem consultat articles electrònics, els quals la universitat posa a disposició de tots els estudiants a través de la seva base de dades del servei de biblioteca en línia.

Cal destacar també, l'ús d'informes en el moment d'analitzar el cas d'accident aeri de Spanair. Juntament amb la informació extreta de les diverses compareixences judicials del mateix cas.

Finalment, de manera temporal i esporàdica, hem realitzat un seguit de reunions amb la tutora per tal d'avaluar i fer el seguiment de les tasques dutes a terme fins al moment, ja que, per tal d'assolir els objectius definits anteriorment, ha estat imprescindible mantenir una interacció amb la tutora.

### Estructura del treball

Així doncs, el projecte es divideix en set apartats, els quals han estat elaborats amb referències d'enllaços, d'articles i d'informes. Primerament, pretenem introduir el concepte d'accident aeri al lector per tal que entengui la base principal del nostre projecte, seguit de l'explicació històrica que ha patit el sector aeronàutic, juntament amb tots aquells factors que acaben originant accidents aeris, dels quals presentem aquests últims, esquemàticament en l'àmbit global fins maig d'aquest any 2020.

En la segona part del projecte, a partir de l'apartat 5, ens endinsem analitzar detalladament l'accident de Spanair JK5022 del passat agost de 2008, per tal d'estudiar des de dins les causes que va originar-lo i poder extreure les nostres pròpies conclusions per no quedar-nos en una simple hipòtesi del que havia passat.

Finalment, mostrem i estudiem el concepte de manteniment predictiu, ja que, moltes companyies aèries ja l'han estat utilitzant aquests darrers anys, per tal d'evitar el creixement d'accidents aeris. A més, a fi, de tenir una visió més professional hem comptat amb l'ajuda de Jesús López i Jiménez, realitzant-li una entrevista, titulat com a enginyer Tècnic de Telecomunicacions amb més de vint anys d'experiència en el sector aeronàutic, per tal de tenir més informació i perspectiva per poder extreure les respectives conclusions del projecte.

## 1. DEFINICIÓ D'ACCIDENT AERI

S'entén com accident, tot succés relacionat amb la utilització d'una aeronau tripulada, comprés dins d'un període de temps en el qual una persona entra a bord de l'avió, amb la intenció de realitzar un vol fins al moment que desembarquen totes les persones de dins, o bé, en el cas de les aeronaus no tripulades, comprénent el període de temps, des del moment en el qual l'aeronau està preparada per posar-se en moviment amb la intenció de realitzar un vol fins al moment que s'atura definitivament quan finalitza el vol i s'apaguen els motors utilitzats com a font primària de propulsió, durant el qual:

- I. Qualsevol persona pot patir lesions mortals o molt greus a conseqüència de trobar-se dins l'aeronau o bé, per contacte directe amb qualsevol part de l'aeronau, inclús aquelles parts que es troben despreses de l'avió, o bé, per l'exposició directa a l'impuls d'aire d'un reactor. Exceptuant, però les situacions en les quals s'originen lesions per causes naturals, en el qual una persona se les hagi autoprovoocat, o que hagin estat causades per terceres persones, o bé, en els pitjors dels casos, s'hagin vist induïdes per passatgers clandestins amagats fora de les àrees destinades regularment als passatgers i a la tripulació.
  
- II. Que l'aeronau pateixi danys estructurals que afectin adversament a la seva resistència estructural o a les seves característiques de vol, ja que, normalment exigeixen una reparació important o un recanvi del component afectat. Exceptuant, els danys de motor, quan el dany es concentra només en el motor o en algun dels seus components, o per danys concentrats en els extrems de les ales, les antenes, els neumàtics o per perforacions en el revestiment de l'aeronau.
  
- III. En el cas que l'aeronau desaparegui o sigui totalment inaccessible.



[Figura 1]. Aterratge d'emergència a l'aeroport de Moscou.

## 2. ANÀLISI HISTÓRIC

S'analitza l'evolució històrica que ha patit el sector aeronàutic en els darrers anys i els canvis que ha tingut l'aviació general.

### 2.1 Història de l'evolució dels accidents aeris

Ens remuntem uns quants anys enrere, concretament a l'any 1800. L'aviació s'entenia com el *mètode d'assaig i error*<sup>1</sup>, fet que derivava en la normalització parcial i reduïda dels accidents en el sector aeronàutic.

Així doncs, no va ser fins al segle XIX, que la comunitat científica va començar a evolucionar a gran velocitat. Desenvolupant, un gran nombre d'experiments tant satisfactoris com desfavorables, dels quals molts d'ells provenien del sector militar. Molts van ser els intents fallits en els diversos models d'aeronaus que van crear, els germans Wright durant els anys 1900 i 1902. Ara bé, després d'un seguit de modificacions en els seus càlculs anteriors, van aconseguir crear la seva primera planejadora a finals del 1902, dedicant pràcticament tot el posterior any a la creació d'un sistema de propulsió. Aconseguint finalment, el 17 de desembre de 1903, realitzar 4 vols de curta distància amb una aeronau de propulsió.

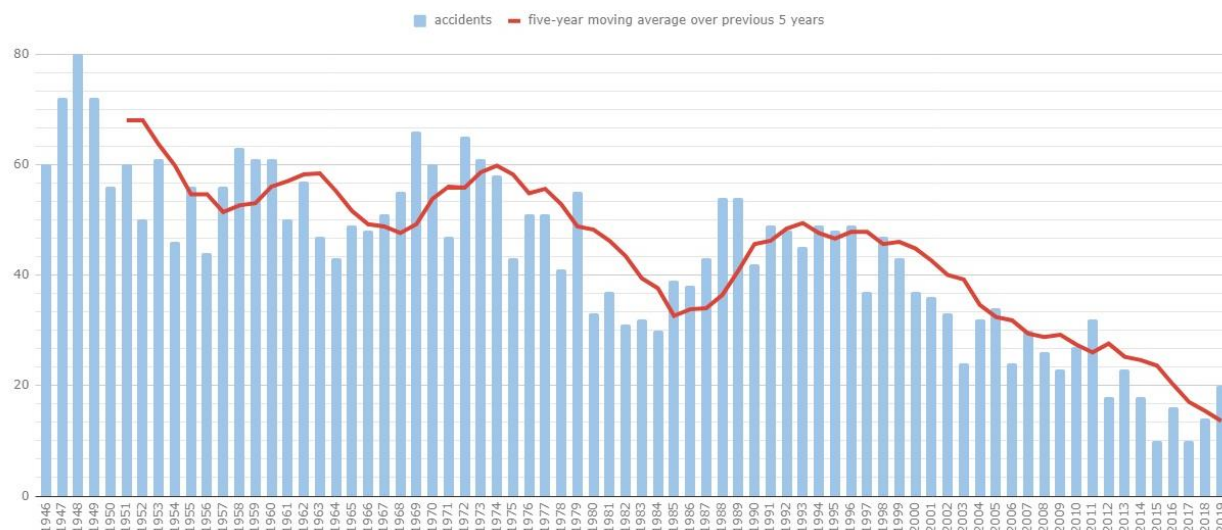
Va ser així, com el sector de l'aviació va anar guanyant terreny en el transport de passatgers, el qual suposava un gran competidor respecte els mitjans de transport de l'època. Des de llavors, ha estat molt remarcable l'evolució en el sector aeronàutic. Res tenen a veure les aeronaus de principis del segle XX, a les actuals que coneixem avui en dia. A més, després del primer vol dels germans Wright, el món va començar a idear nous prototips i models.

Més endavant, a partir del 1980 va començar l'era digital de l'aviació. Tot i que, no es varen fer grans avanços en el tema de materials o velocitats, si es van fer en els temes tecnològics aplicats a l'aviació.

Com es pot observar a la següent gràfica el nombre d'accidents aeris anuals ha disminuït en el pas dels anys o bé s'ha mantingut més o menys en un valor constant.

---

<sup>1</sup> També conegut com prova i error. Es basa en l'obtenció de coneixement, tant proposicional com procedimental. Es prova una opció i s'observa si funciona. Si funciona, té solució, sinó és un error i es busca una altra opció.



[Figura 2]. Evolució dels accidents aeris globals.

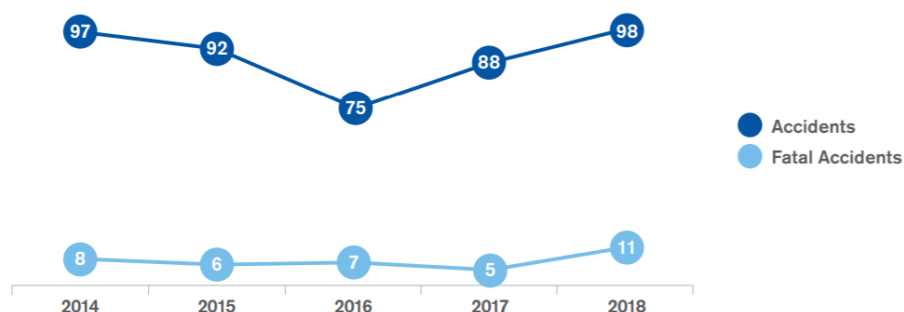
X- Número d'accidents

Y- Any

Per tant, es pot corroborar clarament que l'aviació és un sector que contínuament es va tornant més segur, gràcies a l'esforç que realitzen tots els organismes i entitats relacionats amb el sector aeronàutic davant un accident, per tal d'analitzar-lo i evitar que torni a succeir.

## 2.2 Aviació comercial

El nombre d'accidents mundials i accidents fatals entre els anys 2014 i 2018 s'ha mantingut majoritàriament molt constant. El punt més baix d'accidents va ser de 75 accidents, l'any 2016 i el més alt va ser de 98 accidents, l'any 2018. Així i tot, el nombre d'accidents fatals anuals, creix dels 5 als 11 accidents, entre el 2017 i 2018 respectivament.



[Figura 3]. Tendència d'accidents i accidents mortals del 2014-2018

Afortunadament el nombre d'accidents mortals que es produeixen anualment és bastant més reduït respecte el nombre d'accidents totals. Com es pot apreciar, el nombre d'accidents anuals tendeix a la baixa, traduint-se així, en baixos índexs de fatalitats. Seguidament es mencionen els accidents fatals de cada any:

#### Any 2014

- **11 de Febrer:** L'avió Lockheed C-130H Hercules d'Algerian Air Force es va estrallar en una zona muntanyosa prop de Aïn Kercha, a uns 30 km al sud de l'aeroport Constantine, Argelia.
- **8 de Març:** El vol MH370 de Malaysia Airlines, un Boeing 777-2H6ER, va ser reportat com a desaparegut.
- **14 de Juny:** L'aeronau Ilyushin 76 d'Ukraine Air Force es va estrallar prop de Lugansk, Ucraïna, després de ser disparada per un míssil.
- **17 de Juliol:** L'avió Boeing 777-200, que operava el vol MH17 de Malaysia Airlines, va ser destruït en un accident a l'Est d'Ucraïna, prop de Hrabove.
- **23 de Juliol:** El vol TransAsia Airways ATR-72, es va destruir en un accident prop de l'aeroport de Magong, Taiwan.
- **24 de Juliol:** El vol AH5017 d'Air Algérie, un McDonnell Douglas MD-83, es va destruir a l'estrallar-se a 80 km al Nord-est de Gossi, Mali.
- **10 d'Agost:** L'aeronau HESA IrAn-140, operat per Sepahan Airlines, es va estrallar poc després de l'enlairament des de l'aeroport de Teherán-Mehrabad, Iran.
- **28 de Desembre:** L'Airbus A320-216 Indonesia AirAsia, que realitzava el vol QZ8501, va ser destruït en el moment que va impactar contra l'aigua del Mar de Java, entre Surabaya i Singapur.

#### Any 2015

- **4 de Febrer:** El TransAsia ATR-72-600 que operava com el vol GE235 des de Taipei a la Isla Kinmen, va impactar a les aigües del riu Keelung, després d'enlairar.
- **24 de Març:** L'Airbus A320 operat per Germanwings, que realitzava el vol 4U9525 va ser destruït en un accident en una zona muntanyosa del Sud de França.
- **30 de Juny:** L'aeronau Hércules Lockheed C-130, operat per Indonesian Air Force's 32 Squadron, va ser destruït en el moment d'estrallar-se després d'enlairar.
- **16 d'Agost:** El vol 267 de Trigana Air Service, un ATR 42-300, va ser destruït quan va impactar en una muntanya prop de l'aeroport d'Oksibil, Indonesia.



- **31 d'Octubre:** L'Airbus A321 operat per Metrojet, va ser destruït en un accident en el centre de Sinaí, Egipte.
- **4 de Novembre:** L'aeronau Antonov 12 va ser destruïda després d'impactar contra el terra, moments després del seu enlairament a l'aeroport de Juba, Sudan del Sud.

## Any 2016

- **19 de Març:** El Boeing 737-800 operat per Flydubai, va impactar contra el terreny de l'aeroport durant el segon intent d'aproximació degut el mal temps a l'aeroport de Rostov-On-Don, Sud de Rússia.
- **19 de Maig:** El vol EgyptAir MS804, va impactar el Mar Mediterrani a uns 200 km al Nord de la costa d'Egipte.
- **22 de Juliol:** L'aeronau Antonov 32 d'Indian Air Force, va desaparèixer per sobre la Bahia de Bengala.
- **28 Novembre:** El vol de LaMia LMI2933, va ser destruït després d'impactar en un bosc el Sud de l'aeroport de Rionegro/Medellín, Colòmbia.
- **7 de Desembre:** El vol PK661 de Pakistan International Airlines, es va destruir després d'impactar prop de Havelian, Pakistan.
- **18 de Desembre:** L'aeronau Lockheed C-130H Hercules, va ser destruït en impactar en un terreny muntanyós prop de Wamena, Indonèsia.
- **25 de Desembre:** L'avió Tupolev 154B-2 operat per la Russian Air Force, es va destruir en el moment que va impactar a les aigües del Mar Negre, poc després del seu enlairament.

## Any 2017

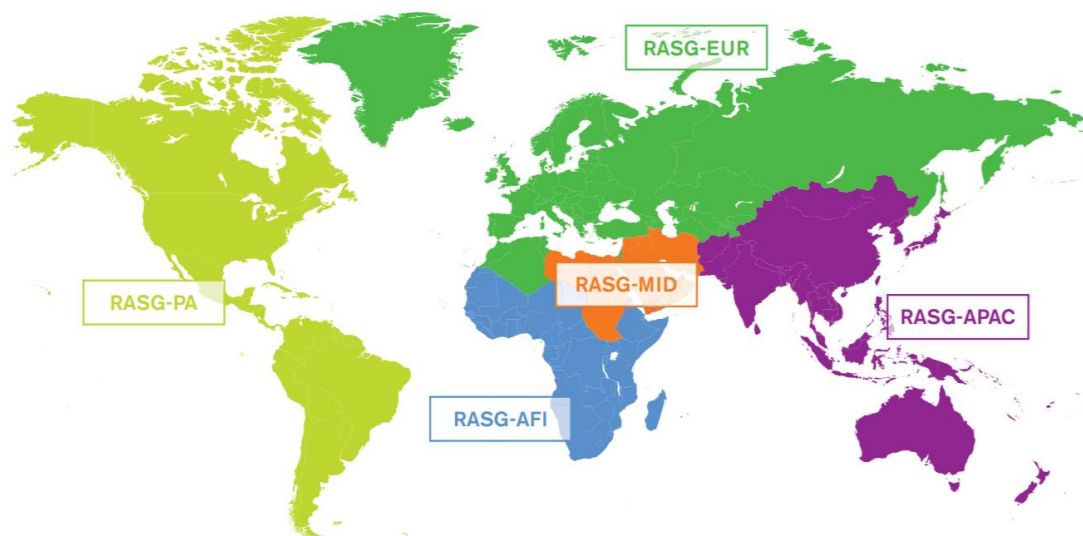
- **16 de Gener:** El Boeing 747-412F, va ser destruït després d'impactar el terreny prop de l'aeroport Internacional Bishkek-Manas.
- **23 de Gener:** El Beechcraft 300, va ser destruït quan va impactar contra el terra durant l'enlairament a l'aeroport Internacional de Tucson, Arizona.
- **7 de Juny:** L'aeronau Shaanxi Y-8-200F, operat per Myanmar Air Force va impactar en el mar durant un vol de Myeik a Yangon.
- **10 de Juliol:** L'aeronau Lockheed KC-130T Hercules, es va trencar i es va estrallar prop d'Itta Bena, Mississippí, EE.UU.
- **31 de Desembre:** El Cessna 208B operat per Nature Air va ser destruïda després d'impactar en un terreny boscós prop de l'aeroport de Punta Islita, Costa Rica.

## Any 2018

- **11 de Febrer:** El vol 703 de Saratov Airlines, va ser destruït després d'impactar contra el terra prop de Stepanovskoye, Rússia.
- **18 de Febrer:** L'ATR 72-200 operat per Iran Aseman Airlines, va impactar contra una muntanya el Nord-est de l'aeroport de Yasuj.
- **6 de Març:** L'Antonov An-26, es va estrallar a Siria.
- **12 de Març:** El vol 211 d'US-Bangla Airlines es va incendiar 6 segons després d'aterrar.
- **11 d'Abril:** L'aeronau Ilyushin Il-76TD, operada per Algerian Air Force, es va estrallar poc després de l'enlairament.
- **18 de Maig:** El Boeing 737-200 es va estrallar després d'enlairar-se, des de l'aeroport Internacional Habana-José Martí, Cuba.
- **29 d'Octubre:** El vol 610 de Lion Air, un Boeing 737 MAX 8, es va estrallar contra el mar poc després de l'enlairament de l'aeroport Internacional de Yakarta-Soekarno-Hatta, Indonesia.
- **4 d'Agost:** L'aeronau Junkers Ju-52/3 m operat per Ju-Air, va ser destruït a 2540 m d'altura, en un accident d'una zona muntanyosa de Suïssa.
- **30 d'Agost:** L'avió DHC-6, operat per Ethiopian Air Force, es va estrallar prop de Mojo, Etiòpia.
- **9 de Setembre:** L'avió Let L-410 es va estrallar contra el llac Yirol, Sudan del Sud.
- **17 de Setembre:** L'aeronau Ilyushin Il-20M, operat per Russian Air Force, es va estrallar contra el mar, a la Base Aèria Latakia-Khmeimim, Siria.

Cal deixar present, que la diferència del nombre d'accidents dels últims cinc anys, entre la Figura 1 i la Figura 2, radica en les fonts utilitzades. Tot i ser dues fonts fiables, ja que una és OACI i l'altre és Aviation Safety Newtork que registra tots els accidents i incidents a nivell global, els criteris que utilitzen cada una d'elles, són diferents a l'hora de determinar si un accident és fatal o no. Així doncs, fem aquest aclariment per tal de no crear confusió.

## 2.2.1 Regió RASG (Regional Aviation Safety Groups)



[Figura 4]. Distribució de regions.

Per part d'OACI<sup>2</sup>, ha establert sempre que els accidents aeris, a part de dividir-los per causes principals també s'ha de tenir en consideració la distribució dels accidents contemplant les diverses zones geogràfiques.

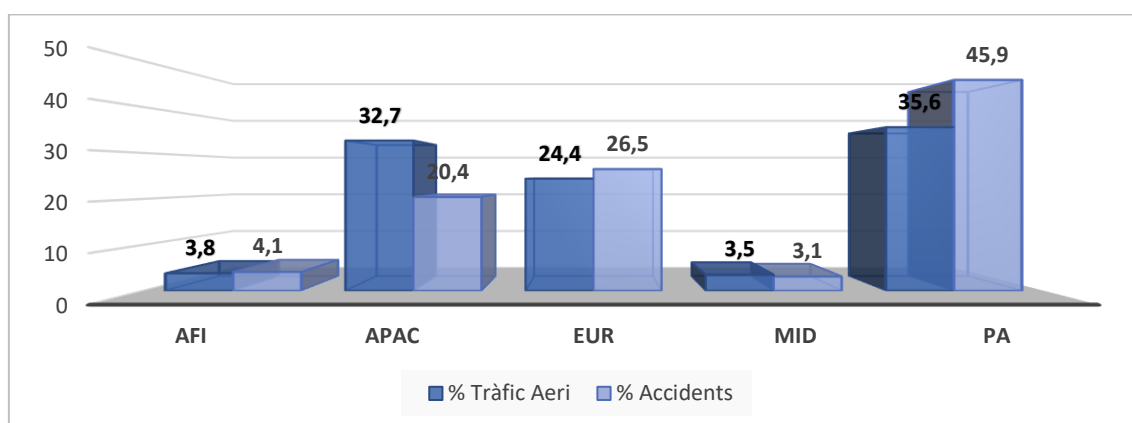
D'aquesta manera, l'OACI pot analitzar si existeix una determinada tendència depenent de la zona geogràfica on s'origina l'accident o bé, si és per causa de les regulacions establertes en cada país, ja que cadascun té els seus criteris. Els països que formen cada regió s'observen a l'[ANNEX I – REGIONAL AVIATION SAFETY GROUP REGIONS](#).

RASG Region	Estimated Departures	Number of Accidents	Accident Rate (per million departures)	Fatal Accidents	Fatalities
AFI	1 440 702	4	2.8	2	21
APAC	12 445 017	20	1.6	3	241
EUR	9 298 706	26	2.8	2	72
MID	1 326 656	3	2.3	1	66
PA	13 575 682	45	3.3	3	114
<b>WORLD</b>	<b>38 086 763</b>	<b>98</b>	<b>2.6</b>	<b>11</b>	<b>514</b>

[Figura 5]. Distribució d'accidents per regions 2019.

<sup>2</sup> Organització d'Aviació Civil Internacional, és un organisme especialitzat de les Nacions Unides encarregada de promoure el desenvolupament segur i ordenat de l'aviació civil internacional en tot el món.

Existeixen certes zones més propenses a patir un accident. Com veiem a la taula superior, les regions que van presentar més accidents durant 2019 són: APAC, EUR i PA. Podem apreciar també, que van concentrar la majoria de vols durant aquell any, tal com es mostra en la columna “Accident Rate” quantificada per millions de sortides.



[Figura 6]. Percentatge de tràfic aeri i d'accidents per regions 2019.

## 2.2.2 Fases del vol

Vista l'evolució i la tendència dels accidents aeris, és també interessant observar quines són les fases crítiques durant el vol.



[Figura 7]. Accidents mortals per fases de vol, 1959-2019.

Com s'observa, les fases més perilloses es localitzen a l'aterratge i la fase de creuer. Aquesta última, tot i ocupar més de la meitat del temps de vol, mostra un percentatge d'accidents molt reduït. Possiblement, tingui a veure, amb el fet que durant el procés s'activa el pilot automàtic, i

tampoc es duen a terme maniobres complicades. Resulta sorprenent, que el 10% dels accidents fatals es produïssin sense haver iniciat el vol. Per això és necessari, realitzar tot un procés d'investigació per saber quins factors, contribueixen a originar un accident.

### 3. PROCÉS D'ANÀLISI DE DADES

Aquest procés consisteix a organitzar i analitzar els múltiples factors, que acaben sent detonants en el seu conjunt, per provocar i originar un accident aeri.

#### 3.1 Factor Humà

Els errors humans són els que més contribueixen en els accidents aeris, respecte a qualsevol altre factor. En aquests errors humans, s'inclouen errors de la tripulació, del personal de manteniment, dels controladors aeris i de qualsevol àrea que tingui un impacte directe amb la seguretat del vol. A continuació, es descriuen alguns dels detonants, que contribueixen a la creació dels errors humans:

1. **Fatiga:** La fatiga està associada principalment al cansament físic. Això origina una disminució important del nivell de consciència. Per tant, és essencial estar alerta dels símptomes propis de la fatiga, tant dels companys de feina com el d'un mateix.
2. **Estrès:** L'estrès està associat al cansament mental, fet que moltes vegades pot generar encara més fatiga en el cos. Per tant, és important prendre's un petit descans, en cas que el treballador se senti estressat.
3. **Distracció:** Treure l'atenció de la tasca que s'està realitzant pot suposar, no arribar a completar els passos necessaris o inclús no realitzar el procediment de la manera establerta.
4. **Pressió:** És una coacció que s'exerceix sobre la persona o el grup de treball, principalment associada a la finalització d'una tasca. En l'aviació el temps és particularment crític i la pressió per tenir les aeronaus disponibles per la línia de vol sempre està present. Ara bé, algunes accions s'han de portar a terme per tal de no comprometre la seguretat per culpa de la puntualitat.

### 3.1.1 Errors en la Comunicació

Durant la història de l'aviació s'han originat molts accidents i incidents, dels quals, els seus factors determinants han estat el mal ús de la comunicació, tant per no utilitzar correctament la fraseologia estàndard dels pilots i els controladors, com per les comunicacions de veu o de les dades. A continuació, presentem un seguit de mesures que no sempre es duen a terme, les quals acabant sent un factor originador dels accidents i incidents en el sector aeronàutic:

- No reforçar suficientment l'entrenament i les pràctiques en els intercanvis de comunicació terra-terra entre les tripulacions de vol i el personal d'ajuda de terra.
- No utilitzar el distintiu complet de l'aeronau o del vehicle en totes les comunicacions associades a les operacions en la pista per determinar amb quina aeronau o vehicle s'està realitzant la comunicació.
- No realitzar totes les comunicacions, relacionades amb les operacions a la pista, conforme amb els requisits lingüístics de la OACI per les comunicacions radiofòniques aire-terra ( s'observa a [l'Annex 10-Telecomunicaciones aeronáuticas-Volumen II](#) ).
- Falta de verificació dels pilots, dels conductors i dels controladors de trànsit aeri en el moment d'utilitzar la fraseologia normalitzada de l'OACI en totes les comunicacions associades a les operacions a la pista, evitant d'aquesta manera una interpretació errònia del comunicat que s'està realitzant.
- No utilitzar missatges curts i senzills en les comunicacions ATC<sup>3</sup>.
- Gestió del trànsit aeri (s'observa a [PANS-ATM Doc 4444, Capítulo 12](#)), els quals haurien d'incloure les comunicacions amb els vehicles que operen en l'àrea de maniobra.
- No utilitzar els procediments de col·lació, procediments que consisteixen a fer que la unitat receptora repeteixi el missatge rebut o una part apropiada del mateix a la unitat emissora, per tal d'obtenir la confirmació d'una bona recepció. Per tant, el controlador del trànsit aeri s'ha de responsabilitzar de la verificació de col·lació s'esdevingui exacta i correcta.

*Un exemple del procediment seria el següent:*

1. L'emissor transmet el missatge.
2. El receptor escolta atentament el missatge transmès.
3. El receptor col·laciona el missatge de l'emissor.

---

<sup>3</sup> De l'anglès Air Traffic Controllers, controladors aeris.

4. L'emissor escolta atentament el missatge per confirmar que ha estat col·lacionat correctament.

Tenir present, que els elements que s'han de col·lacionar són:

- Actualitzacions de ruta ATC.
- Autoritzacions i instruccions per entrar, aterrar, enlairar, esperar, creuar i tirar marxa enrere en qualsevol pista.
- Pista en ús, instruccions de nivell, instruccions de ruta i de velocitat. També, nivells de transició, siguin dictats pel controlador o bé, estiguin inclosos en les radiodifusions ATIS<sup>4</sup>.

Una col·lació errònia no corregida pot ocasionar un desviament en la separació horitzontal o vertical menor a l'estipulada, traçant d'aquesta manera un desviament de la ruta desitjada. A més, aquest fet podria no ser detectat pel pilot fins que el controlador rebí una alerta en el monitor de radar el qual doni l'avís de tal desviació.

### 3.2 Factor Meteorològic

Enrere queda el temps on volar era una perillosa aventura, on es depenia d'unes condicions meteorològiques, que amb molta freqüència eren adverses, a causa de la baixa altura en la qual es volava. Actualment, gràcies als avanços tecnològics, en els materials, en els motors a reacció i en la instrumentació avançada, volem amb avions molt segurs, ràpids i pràcticament sota qualsevol mena de situació atmosfèrica.

Tot i això, independentment d'aquests avanços, un avió segueix depenent, encara que sigui en un percentatge més baix respecte altres dècades, de les condicions del medi en el qual es mou, és a dir, l'atmosfera. Per tant, és necessari seguir investigant en el marc de la meteorologia i la tecnologia aplicada en l'aeronàutica, per aconseguir que el vol sigui més segur i eficient, independentment de l'estat atmosfèric. A continuació es mostren diferents escenaris, pels quals es poden originar accidents aeris.

---

<sup>4</sup> Servei Automàtic d'Informació de Terminal, emet de forma continuada la informació a les àrees terminals congestionades.



### 3.2.1 Accidents aeris per Baixa Visibilitat

Els accidents aeris a causa de problemes de visibilitat representen un 15% del total, però amb la particularitat que des de la dècada dels vuitanta hi ha hagut un fort desens de casos. Això pot fer pensar, que aquests tipus d'accidents deriven d'una gran responsabilitat d'errors humans. Factor que en les últimes dècades ha experimentat una considerable millora, gràcies a la millor preparació de les tripulacions i en l'ús dels sistemes d'aterratge instrumental.

El 87% d'aquest tipus d'accidents succeeixen en l'aterratge, tots ells responsabilitzats pel factor humà, en el moment de decidir dur a terme un aterratge per sota les condicions mínimes de visibilitat. No s'observa en aquest cas, estacionalitat en el fenomen, ja que aquests accidents depenen exclusivament del factor humà, pel fet de no respectar les regles procedimentals en una situació de baixa visibilitat, i efectuar l'aterratge de totes maneres.

Però per poder aterrar en un aeroport s'han de complir uns mínims en els quals intervenen la qualificació del pilot, el tipus d'avió i el tipus de *ràdio ajudes*<sup>5</sup> en pista. Malgrat tot, al fet que l'aproximació es realitzi amb l'ajuda d'instruments, arriba un moment en el qual s'ha de passar al control manual. I, és en aquest precís moment, que el dur a terme la maniobra visual, on s'han de complir els requisits mínims de l'aterratge, que són els que no han estat respectats pels pilots.

L'excepció a tot això són les anomenades *categories III*<sup>6</sup>: A<sup>7</sup> i B<sup>8</sup>, en les que en teoria es pot fer tot el procés d'aproximació i aterratge de forma automàtica encara que en general no se sol autoritzar aquest procediment. La baixa visibilitat pot originar-se, principalment, per la formació de tota classe de boires i també per pluges fortes.

Tot i que, hem de deixar constància, que aquests tipus d'accidents és difícil atribuir la causa i no és fàcil delimitar el límit entre l'error humà, els problemes d'instrumentació i l'originat per la mateixa visibilitat.

---

<sup>5</sup> Conjunt de senyals radioelèctriques, generalment generades en instal·lacions terrestres i rebudes a bord, que permeten a l'aeronau guiar-se.

<sup>6</sup> Sistema d'aterratge automàtic de l'aeronau que permet operacions inclús sense altituds de decisió.

<sup>7</sup> Amb visibilitat millor que 700 peus (213 metres).

<sup>8</sup> Amb visibilitat entre 150 peus (46metres) i 700 peus (213 metres).

### 3.2.2 Accidents aeris per Gelament

S'anomena gelament a la formació de gel que es produeix a l'avió, en determinades circumstàncies. Per tal que sorgeixi és necessari que l'avió travessi una zona de núvols o de precipitacions, en les quals les gotes d'aigua estiguin en *estat de subfusió*<sup>9</sup>. Un cop passa l'avió per aquestes zones, l'aigua es congela a l'instant sobre les ales, els motors i el fusellatge d'aquest, creant així, el gelament. El gel que es pot arribar a formar és de diferents tipus:

- Granular: Que pesa poc i es desprèn amb facilitat.
- Clar: És el més important, ja que; és dens, transparent i no es desprèn amb facilitat. És més, es crea amb grans gotes altament fredes o amb pluja gelant localitzada entre els (0°C) i els (-10 C).
- Per adherència de neu humida.
- Per gebrada<sup>10</sup>: Es forma per sobre la superfície de l'avió, generalment durant l'hivern, quan l'aeronau ha passat tota la nit exposada a l'aire exterior i el clima nocturn. En aquest cas, és necessari eliminar la gebrada abans d'iniciar el vol, normalment se sol retirar amb mètodes químics. Amb aquest tipus de gelament se l'anomena gelament en terra, i es constitueix com el més important en les estadístiques d'accidents. És més, aquests tipus d'accidents són provocats, en la majoria de casos, per errors humans, pel fet de no eliminar del tot la capa fina de gel que es crea. En alguns casos, es pot formar durant el vol. L'acumulació del gel sobre l'avió dependrà de la forma, la velocitat del mateix i l'altura de vol.

Durant molts anys el gelament durant el vol ha estat un problema bastant greu, però a avui en dia ja no, perquè aquests disposen d'equips antigelament. Si l'avió vola a una considerable altura, que hi hagi perill de gelament és molt improbable, ja que, la nuvolositat és pràcticament nul·la. A part, en zones com aquestes, la temperatura és tan baixa que també fa difícil el gelament.

Tenir present, que amb un gelament elevat es poden arribar a tenir vibracions molt fortes que afecten els motors directament i, indirectament, els comandaments i el control de l'aeronau. A més, els seus efectes poden afectar el rendiment de l'avió, contribuint al fet que disminueixi, en adherir-se en els motors i els reactors. Atès que es doni el cas en una fase crítica del vol, pot esdevenir-se una pèrdua de potència i sustentació que donaria com a resultat, un impacte contra

<sup>9</sup> Permanència de l'aigua en estat líquid a una temperatura inferior al punt de congelació.

<sup>10</sup> Conjunt de cristalls de glaç que en temps de boira diposita principalment sobre superfícies verticals, a les puntes i a les arestes dels objectes, i poden formar gruixos considerables creixent de cara el vent.

el terra. De la mateixa manera, el gel es pot adherir a les puntes de les ales i, a la cua, fent que aquest resultat sigui més perillós.

*Per exemple: Si un avió intenta enlairar amb una gebrada a les ales, és probable que no obtingui la força necessària per elevar-se i poder així iniciar el vol.*

Aquest tipus d'accident que hem explicat a l'exemple, és el més freqüent dins els que engloben el gelament, en molts casos, esdevé a causa d'errors en les revisions prèvies al vol, derivats doncs d'errors humans. El gel situat a la cua de l'aeronau produeix vibracions que poden ser molt rellevants.

Com ja hem comentat, per combatre el gelament els avions disposen actualment d'accions químiques que liqüen el gel que s'ha format, d'accions mecàniques que eliminen el gel en les ales, i d'accions tèrmiques que escalfen totes aquelles parts que es volen protegir. O bé, a partir de resistències elèctriques que augmenten la temperatura evitant el gelament, o bé, aprofitant la calor dels gasos que s'escapen del motor.

Tornar a recalcar doncs, que els avions actuals ja disposen de mètodes suficients perquè, no originin cap mena de problema relacionat amb el gelament. I, destacar de nou, que el gelament predominantment afecta les fases d'enlairament i aterratge. I en un menor percentatge durant el vol.

### 3.2.3 Accidents aeris per Turbulència

Els accidents aeris causats per turbulències suposen el 15 % dels casos totals. Aquestes consisteixen a fer que l'avió passi per zones en les quals es localitzen remolins de diverses mides i forces. En el moment que un avió entra en una zona de turbulències es veu sotmès a les ascendències i descendències que caracteritzen aquests remolins, i d'aquesta manera en funció de la intensitat d'aquests, es poden produir des de petits moviments a grans sacsejades a l'aparell.

En els avions actuals, el fet de tenir una velocitat molt alta, el nombre de remolins que passen per unitat de temps és molt alt, això fa que l'avió estigui sotmès a moviments ascendants i descendents amb una alta freqüència, produint-se així unes vibracions que posen en perill l'estructura de l'avió.

Les turbulències també són perilloses en les maniobres d'aterratge i enlairament, per l'obvietat de la proximitat amb el terra. En casos extrems l'estructura de l'avió pot patir una ressonància en

si la vibració de l'estructura coincideixi amb la seva freqüència natural, ara bé, això s'evita variant la velocitat de vol per la turbulència.

Una turbulència pot classificar-se segons la seva intensitat:

- Lleugera: Quan els objectes de l'avió encara estan en estat de repòs.
- Moderada: Quan el passatge pot ser mogut puntualment del seient.
- Forta: Quan l'avió pot quedar fora de control.
- Extrema: Quan és impossible controlar l'avió.

L'origen de les turbulències deriva de causes:

- Mecàniques, a causa d'obstacles.
- Tèrmiques, a causa de la inestabilitat de l'aire.
- Per activitat tempestuosa.
- Per efectes orogràfics, a causa de les ones de muntanya.
- Per fluxos ràpids en alts nivells pròxims a la tropopausa, a causa d'un corrent en pressió.

Les turbulències són pràcticament l'únic fenomen del qual no ens podem lliurar tot i volar a una gran altura. Tot i que evidentment, també es donen casos de turbulències en l'enlairament i en l'aterratge. Avui en dia, però, s'evita circular per zones amb turbulències, gràcies el radar meteorològic, que detecta amb facilitat els nuclis tempestuosos i les zones de gelament i calamarsa.

### 3.2.4 Accidents aeris per *Wind shear*

El Wind shear es defineix com el canvi brusc de velocitat del vent en una distància curta. Aquesta variació es pot donar, tant en el mòdul de la velocitat com en la seva direcció. Les brusques variacions influeixen en un alt grau als avions de reacció de passatgers en el transcurs de les operacions d'aproximació i enlairament, podent arribar a desembocar situacions crítiques de desastre aeri. És més, en situacions excepcionals s'ha arribat a observar canvis de 180° en la direcció i de 50 nusos en la velocitat. A continuació, s'expliquen dos escenaris que mostren l'impacte que té el mecanisme Wind shear en l'avió:

1. **En cas que el vent variés molt lentament de mòdul o direcció:** La velocitat de l'avió s'aniria adaptant, de tal manera que la velocitat relativa respecte a l'aire fos constant.
2. **En cas que el vent variés molt ràpidament de mòdul o direcció:** L'avió no pot variar la seva velocitat tan ràpidament com el vent, a causa de la forta inherència. Això deriva cap

a una brusca variació transitòria en la velocitat relativa vent-avió que afecta la sustentació. Així s'entén l'efecte Wind Shear. Les situacions més importants que es poden donar dins aquest cas són:

- **Wind Shear de cara:** Es produeix quan el vent està de cara i augmenta bruscament, aleshores quan l'avió nota automàticament un augment en la velocitat que té de cara, és quan la sustentació també augmenta bruscament de manera transitòria. En aquest cas l'avió s'eleva violentament de la seva senda d'aproximació o enlairament.
- **Wind Shear de cua:** Es produeix quan el vent està de cara i de cop i volta disminueix, és llavors quan l'avió nota automàticament una disminució en la velocitat que té de cara, aleshores s'origina una brusca i transitòria pèrdua de sustentació. En aquest cas l'avió perd altura de forma immediata i brusca, fent possible un impacte contra el terra, en el cas que l'aeronau estigui volant a prop de terra.

Aquests casos explicats anteriorment són molt perillosos si es donen en una altura baixa, ja que una pèrdua d'altura a aquests nivells i de forma violenta comporta una alta probabilitat d'experimentar un accident aeri. En canvi, a gran altura es disposa d'espai suficient per realitzar una rectificació. Tot i això, hi poden haver també corrents aparents de costat que provoquin efectes de desequilibri en l'avió.

El Wind shear s'origina per diverses condicions meteorològiques, ara bé, la més important és en el cas de les tempestes. Són les més perilloses i les més importants, es basen en l'existència de corrents forts sota el nucli del núvol de la tempesta que indueixen el Wind shear, especialment en l'inici de la fase de maduresa de la tempesta.

El *Jet Stream*<sup>11</sup> de nivell baix que constitueix corrents d'aire relativament calent per sobre d'una capa d'aire fred, que també poden produir el Wind shear. Aquest tipus de corrents solen originar-se en nits clares amb una inversió tèrmica, podent arribant a provocar un fort tall del vent.

Per això la millor prevenció es basa en un bon entrenament a les tripulacions i alhora disposar d'una bona informació meteorològica. A més, actualment quasi la totalitat de les aeronaus de

---

<sup>11</sup> Forta i estreta corrent d'aire concentrada en un eix quasi horitzontal localitzada en la troposfera o estratosfera.

gran capacitat, porten incorporat un sensor per detectar el Wind shear, que inclús pot connectar-se al pilot automàtic per assumir un pilotatge assistit.

### 3.2.5 Altres causes

Com a casos marginals, tot i que no per això menys perillosos existeix l'impacte dels llamps, la turbulència d'estela i les ones de muntanya.

En el cas dels llamps, consisteix bàsicament, en l'impacte d'aquest element sobre l'estructura de l'avió. Tot i que com sabem, l'avió és metàl·lic i per això queda aïllat. Ara bé, no queda exempt de patir alguns efectes negatius de tal impacte, com podrien ser: danys estructurals, o inclús, espurnes que en el moment que salten poden provocar incendis en els dipòsits i en els motors, derivant doncs, a una situació altament perillosa.

En cas de la turbulència d'estela, es basa, en una turbulència generada per avions grans, tipus "Jumbo", en el moment d'enlairar i aterrar, posant en un gran perill per la resta d'avions més petits que maniobren a continuació d'aquests. D'aquí relleva la importància a l'hora de respectar els intervals necessaris d'aterratge i d'enlairament per tal d'evitar la turbulència d'estela<sup>12</sup>.

I per últim, en el cas de les ones de muntanya, es defineix com un fenomen turbulent molt poc probable en un *vol de creuer*, però molt perillós. Es produeix quan els fluxos d'aire que van molt ràpids incideixen perpendicularment, sota certes condicions, sobre una barrera muntanyosa. Així doncs, poden arribar originar turbulències d'intensitat extrema.

## 3.3 Factor de Manteniment Mecànic/Tècnic

Sabem per estadístiques que ofereixen algunes Autoritats Aeronàutiques que un percentatge significatiu dels accidents aeris són derivats per factors associats al manteniment tècnic. Per tal de poder analitzar aquest factor, primerament hem de transmetre un missatge clar i transparent:

***"Algú ha comès un error, perquè és un ésser humà"***

No pretenem amb aquest missatge, justificar res; però sí que es prengui consciència sobre la importància d'analitzar els factors que afecten l'ésser humà i el deriven a cometre errors, i així doncs a ser vulnerable davant la situació. Tanmateix, els factors que ens tornen més vulnerables no sempre podran ser eliminats, ara bé, si els coneixem, podrem adaptar accions que eliminin el

---

<sup>12</sup> Fenomen resultant de l'aerodinàmica dels mateixos avions.

seu impacte negatiu, o que si més no redueixen les seves conseqüències. És per això, que a continuació, parlarem dels factors més rellevants:

1. **Falta de Comunicació:** La comunicació és bàsicament la manera de connectar-se uns amb els altres. Per tant una mala comunicació, o inclús una absència total d'aquesta, els compromet a una desconexió important del que passa al seu voltant. Per aquesta raó, en el manteniment és primordial comunicar i deixar constància en tot moment de què s'ha realitzat utilitzant adequadament les fulles de treball per comunicar-ho, i alhora rebre la informació i la comunicació dels actes realitzats dels altres companys, així com els esdeveniments que queden pendents per a dur a terme.
  
2. **Falta de Cooperació en Equip:** Malgrat les seves capacitats, no són totalment independents. Esdevenen doncs, interdependents, és a dir, depenent recíprocament uns dels altres. Per tant, han d'assegurar-se que hi ha una bona disposició de les línies de comunicació entre el personal. Al mateix temps, assignar responsabilitats específiques en el moment que una tasca tècnica/mecànica requereixi la participació de més d'una persona. I sobretot, tenir en compte la seguretat constant dels companys durant la realització de la tasca.
  
3. **Falta d'Assertivitat:** El fet que no siguin assertius en el moment d'informar que hi ha algun fenomen que no s'està efectuant de manera correcta, pot concloure en una situació catastròfica, fent-los còmplices. És per això, que un cop percebin un perill, ho han de notificar diligentment. De la mateixa manera, que s'ha de permetre entre companys donar l'opinió i acceptar les crítiques constructives i correctives.
  
4. **Falta de Coneixement:** Tot i que sempre s'han de mantenir actualitzats, han de ser conscients i humils a l'hora d'encarar una tasca que no estan realment segurs de saber com resoldre-la, en especial en un món de constant canvi i renovació, el sector tecnològic. Per tant, és imprescindible que cada mecànic/tècnic es dediqui a reparar únicament la part en la qual deriva com expert. A part, tenir en compte, que els manuals tècnics que s'utilitzin estiguin actualitzats. I sobretot, si no es té coneixement per dur a terme una reparació o procediment, posar-se en contacte amb la persona corresponent que sí que tingui els coneixements determinats.

5. **Falta de Recursos:** La seguretat mai pot ser revessada. Així doncs, si no es compten amb els recursos necessaris per realitzar un treball, s'ha d'avaluar firmament la decisió de parar l'activitat de manteniment, malgrat que això pugui suposar retards en l'entrega d'un avió. És tan fàcil com entendre, que un tècnic no pot restablir la condició d'aeronavegabilitat d'una aeronau en manteniment si no té els recursos necessaris per realitzar-ho. Així doncs, és important fer les revisions d'*stock* <sup>13</sup> actual i procurar mantenir una reconeguda disponibilitat de peces i parts de l'avió, i sobretot sol·licitar-les sempre amb anticipació Tanmateix no substituir mai una part de l'aeronau per una altra que no correspongui ni sigui compatible. A més salvaguardar tots els equips a través d'un manteniment adequat.

6. **Falta de Consciència:** Després de completar múltiples vegades la mateixa tasca, l'ésser humà tendeix a desenvolupar una falta de *consciència situacional* <sup>14</sup>. Deixa de costat el sentit comú i a més deixa també d'estar pendent de tots els petits detalls, donant per fet que s'ha realitzat tantes vegades, que:

**“No pot passar res dolent, ja que no ha passat anteriorment.”**

Per tant, s'ha de ser conscient que per molt competent que un mecànic sigui, sempre ha de sol·licitar una revisió de la tasca realitzada per part d'algun company o bé, inspector de manteniment.

7. **Excés de Confiança:** Les persones tendeixen a ser massa confiades després d'haver realitzat diverses vegades una tasca de manera repetitiva. Fent-los pensar doncs, que no passarà res dolent, com ja hem comentat prèviament. Aquest pensament pot fer obviar moltes situacions de risc que podrien ser bastant evidents, o inclús en un moment determinat fer desviar l'atenció a situacions potencialment perilloses.

8. **Mals Costums:** Les normes són aquells criteris que s'han de seguir per ajustar la seva conducta, tasques i activitats fent referència a tot allò que està establert, per consens.

---

<sup>13</sup> Conjunt de mercaderies o productes que es tenen emmagatzemats a l'espera de la seva venda o comercialització.

<sup>14</sup> Representació mental dels objectes, esdeveniments, gent, estats dels sistemes, interaccions, condicions ambientals i qualsevol tipus de factors d'una situació específica que puguin afectar en el desenvolupament de les tasques humanes , tant si són dinàmiques o complexes. S'anomena també: Coneixement de la situació o consciència de la mateixa.



Malgrat això, alguns treballadors estableixen les seves pròpies regles, que no sempre són adequades. Per això, s'han d'assegurar bé, que tothom segueix els mateixos estàndards.

Alguns dels següents accidents que es mostren a continuació, han estat relacionats amb algun dels factors que s'acaben de presentar:

- **Southwest Airlines Flight 812:** L'1 d'Abril del 2011, el Boeing 737-3H4 operat per la companyia Southwest Airlines que es dirigia a Phoenix des de Sacramento, va experimentar una ràpida descompressió mentre volava a través del nivell de vol 340. Així doncs, la tripulació va realitzar un aterratge d'emergència i es va desviar a l'Aeroport Internacional de Yuma(NYL), Arizona. L'aeronau va patir diversos danys substancials, dels quals l'informe posterior va mencionar. És més, aquest informe va determinar que les causes es basaven en la inadequada instal·lació del panell de la pell de la corona de fuselatge en la junta S-4L durant el procés de fabricació, la qual va provocar un conjunt d'esquerdes i múltiples danys en diversos punts, derivant a la pèrdua de la pell inferior del panell.

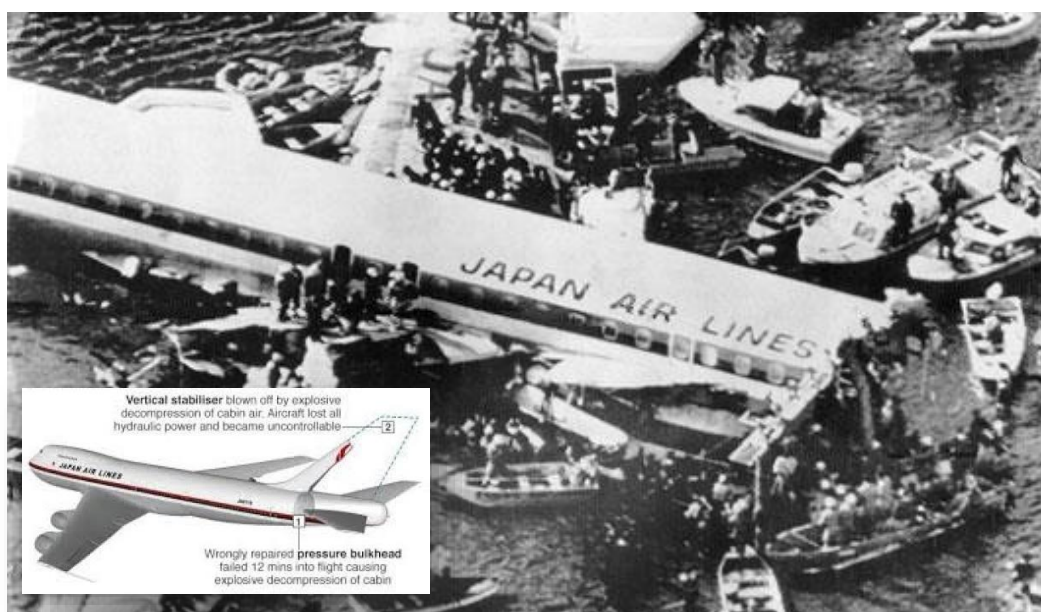


[Figura 8]. Aeronau de Southwest i la pèrdua de pell de la corona de fuselatge, 2011.

- **Japan Airlines Flight 123:** El 12 d'agost de 1985, el Boeing 747SR-46 operat per la companyia Japan Airlines, que es dirigia a Osaka des de Tokyo, va patir una vibració inusual 12 minuts després d'enlairar. Una força d'impacte va fer aixecar el "nas" de l'avió fent experimentar problemes en el control de la mateixa aeronau. Es va produir doncs,

una descompressió que va afectar la part posterior de l'avió, causant greus danys a l'aleta vertical que mesurava uns 5 metres, juntament amb la secció del tub d'escap que contenia la unitat de potència auxiliar (APU), arrencant-los de l'avió. Aquest fenomen va fer molt difícil el control de l'aeronau, ja que l'avió estava experimentant moviments i oscil·lacions molt bruscos, pràcticament impossibles de controlar per la tripulació, derivant finalment amb el descens i l'impacte catastròfic a la muntanya d'Osutaka.

Van estimar que l'accident va ser causat pel deteriorament de la qualitat del vol i la pèrdua de les funcions primàries de control del vol a causa del trencament de la mampara de pressió de l'avió, i les posteriors esquerdes d'una part de la cua de fuselatge. Situant una mala inspecció de manteniment que va contribuir a la propagació del trencament de l'esquerda. Ja que, el 1978 es van fer un seguit de reparacions inadequades en la mampara de la mateixa aeronau, que van derivar en la propagació de les posteriors esquerdes l'any 1985.



[Figura 9]. Aeronau Japan Airlines, 1985.

- **British Airways Flight 5390:** El 10 de juny de 1990, el BAC One-Eleven operat per la companyia British Airways, que es dirigia a Màlaga des de Birmingham, es va accidentar moments després de l'enlairament, quan el parabrisa esquerre que havia estat substituït prèviament el vol, es va despendre a causa dels efectes de la pressió de la cabina quan es va superar la retenció dels pernys de seguretat, dels quals 84 d'un total de 90, eren

d'un diàmetre inferior a l'especificat. El fenomen va fer que el comandant quedés succionat fins a la meitat de l'obertura del parabrisa i alhora va ser retingut per la tripulació de cabina mentre el copilot va volar l'aeronau fins a aterrar a l'aeroport de Southampton.

Una de les causes de la pèrdua del parabrisa es va atribuir el gerent de manteniment de torns, ja que es va veure erosionat per un inadequat manteniment i també per un erroni compliment dels estàndards de la companyia. A part, les auditories de qualitat no van detectar l'existència de normes inadequades realitzades pel gerent de manteniment de torns, ja que no es va supervisar directament les pràctiques de treball realitzades pels gerents de manteniment de torns.












[Figura 10]. Aeronau British Airways,1990.

Tenint en compte aquests accidents i que la contribució d'aquests factors poden ajudar notablement a la creació d'accidents aeris, creiem que s'han de fer els esforços necessaris per identificar-los i conseqüentment avisar a l'entitat responsable dels aspectes que s'hagin de millorar o dels que tinguin alguna deficiència o debilitat. Tal com es té en compte, a continuació amb l'anàlisi dels accidents i incidents del que portem de l'any 2020.






## 4. ANÀLISI D'ACCIDENTS A NIVELL GLOBAL 2020






Ens hem volgut centrar en el present any 2020 per tal d'analitzar tots els incidents i accidents que s'han produït fins al moment a escala mundial. Cal dir, que dels 62 accidents que s'han originat fins ara, el mes de Maig, desgraciadament 18 d'ells han tingut víctimes mortals. Seguidament, es mostren alguns dels casos, tant mortals com no mortals.






DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
02/01/2020	Sudan AF	Geneina Airport, Sudan	18/18	Antonov An-12A
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
08/01/2020	Ukraine International Airlines	Sabashahr, Iran	176/176	Boeing 737-8KV
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
09/01/2020	South African AF	Democratic Republic of the Congo	0/67	Lockheed C-130BZ Hercules
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
23/01/2020	Coulson Aviation	Cooma, Australia	3/3	Lockheed EC-130Q Hercules
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	

DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
23/01/2020	South African Civil Aviation Authority	NW of Friemersheim, South Africa	3/3	Cessna S550 Citation S/ II
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
31/01/2020	WestJest Encore	Terrace Airport, Canda	0/47	Bombardier DHC-8-402Q Dash 8
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
03/02/2020	Air Canada	Madrid-Barajas Airport, Spain	0/138	Boeing 767-375ER
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
03/02/2020	Kalitta Air	Los Angeles International Airport, EE.UU	0/7	Boeing 747-412BCF
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
05/02/2020	Pegasus Airlines	Istanbul-Sabiha Gökçen International Airport, Turkey	3/183	Boeing 737-86J
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	



DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
07/02/2020	Icelandair Flugfélag Islands	Keflavík International Airport, Iceland	0/166	Boeing 757-256
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de MantenimentX				
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
8/2/2020	Remonia Air	Fairmount, EE.UU	4/4	Cessna 501 Citation I/SP
CAUSES				
Error HumàX				
Factor MeteorològicX				
Error de Manteniment				
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
09/02/2020	Utair	Usinsk Airport, Russia	0/100	Boeing 737-524
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de MantenimentX				
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
14/02/2020	Mission Aviation Fellowship	Miyanmin Airstrip, Paupa New Guinea	0/11	Cessna 208 Caravan I
CAUSES				
Error HumàX				
Factor MeteorològicX				
Error de Manteniment				
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
20/02/2020	Lauren Engineers & Constructors, Inc	Lake Coleman, EE.UU	3/3	Beechcraft B200 King Air
CAUSES				
Error HumàX				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment				

DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
23/02/2020	Canadian Pacific Railway Company	Calgary International Airport, Canada	0/13	Bombardier CL-600-2B16 Challenger
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
28/02/2020	Sigma Airlines	Sharjah Airport, United Arab Emirates	0/5	Airbus A 300B4-203
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
09/03/2020	Thai Airways International	Vientiane-Wattay Airport, Laos	0/92	Airbus A330-343
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
17/03/2020	Planemasters	NW of La Crosse, EE.UU	1/1	Cessna 208B Super Cargomaster
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic			X	
Error de Manteniment				
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
19/04/2020	Private	Las Cruces, Guatemala	2/2	British Aerospace BAe-125-700A
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	

DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
24/04/2020	Inversiones SC 2012	Fort Lauderdale-Executive Airport	0/3	IAI 1125 Astra SP
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment				
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
04/05/2020	African Express Airways	Bardale Airstrip, Somalia	6/6	Embraer EMB-120RT Brasília
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic			X	
Error de Manteniment				
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
04/05/2020	Dos Mil Aerosistema SA	San Fernando Airport, Argentina	0/0	Learjet 25D
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
09/05/2020	Libyan Air Force	Tripoli-Mitiga International Airport, Libya	0/0	Ilyushin Il-78
CAUSES				
Error Humà				
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment			X	
DATA	OPERADORA	UBICACIÓ	FATALITATS	MODEL
22/05/2020	Pakistan International Airlines	E of Karachi-Jinnah International Airport, Pakistan	97/99	Airbus A320-214
CAUSES				
Error Humà			X	
Factor Meteorològic				
Error de Manteniment				

[Taula 1.] Classificació d'accidents mortals fins el Maig del 2020.



Com s'ha pogut veure el factor humà juntament amb el factor de manteniment, són els que juguen un paper primordial en els accidents aeris, presentats. Tot i que, existeixen alhora una gran quantitat de condicionants, que es tradueixen en errors humans. Com bé, es pot veure en l'anàlisi detallat que hem realitzat sobre el passat accident de Spanair JK5022 del 2008.

## 5. ANÀLISI DE L'ACCIDENT SPANAIR JK5022

El 20 d'agost de 2008, hi va haver l'accident de Spanair JK5022 a l'aeroport de Madrid-Barajas del qual es recullen i es presenten les causes des de diversos punts de vista per tal d'entendre el succés.

### 5.1 Descripció de l'accident segons la investigació oficial CIAIAC

La Comissió d'Investigació d'Accidents i Incidents d'Aviació Civil, adscrita a la Subsecretaria del Ministeri de Foment, és l'organisme oficial que s'encarrega de realitzar la investigació dels accidents i incidents de l'aviació civil que es produeixen en el territori espanyol.

Primerament us mostrem una taula que resumeix els factors claus a tenir en compte respecte a l'accidentat avió JK5022:

OPERADORA	SPANAIR	
AERONAU	McDonnell Douglas DC-9-82(MD-82)	
MATRÍCULA	EC-HFP	
DATA DE L'ACCIDENT	20 d'Agost de 2008	
HORA DE L'ACCIDENT	14:24 (hora local)	
LLOC DE L'ACCIDENT	Aeroport Internacional de Madrid-Barajas, Espanya	
TIPUS DE VOL	Transport Aeri Comercial Regular - Interior - De passatgers	
FASE DE VOL	Enlairament - Recorregut d'enlairament	
PERSONES A BORD I LESIONS		
172 Totals		
6 Tripulants		166 Passatgers
154 Morts		
6 Tripulants		148 Passatgers
18 Ferits Greus		

[Taula 2.] Sinopsis de l'accident.

Ara que ja ens posem en situació gràcies a la taula anterior, podem centrar-nos en com es va esdevenir l'accident.



[Figura 11]. Restes cabina passatgers.

El dia 20 d'agost de 2008 a les 14.24, l'aeronau McDonnell Douglas DC-9-82 (MD-82), matrícula EC-HFP, operada per la companyia Spanair, va patir un accident immediatament després de l'intent d'enlairament a l'aeroport de Madrid-Barajas. L'aeronau va acabar destruïda a conseqüència dels múltiples impactes contra el terra i un posterior incendi.

La tripulació tècnica de vol, la de cabina de passatgers i els tècnics de manteniment que van tenir relació directa amb l'aeronau el dia de l'accident estaven qualificats i tenien les seves llicències i habilitacions en vigor d'acord amb les normes aplicables d'aviació civil a Espanya i procediments de l'operador.

Els controladors de tràfic aeri que van proporcionar servei de control a l'avió a Barajas estaven qualificats i tenien també les seves llicències en vigor d'acord amb les normes aplicables a Espanya.

Les condicions meteorològiques existents a l'aeroport durant la maniobra d'enlairament de l'avió, quant a temperatura, visibilitat, intensitat i direcció del vent eren apropiades pel vol.

L'avió estava convenientment certificat, tenia la documentació en regla i estava equipat conforme les normes vigents. La seva estructura i el sistema motor propulsor no tenia problemes previs abans de l'accident, simplement hi havia un defecte que afectava els motors que ja estava anotat *ATLB*<sup>15</sup> i no va influir en les circumstàncies de l'accident. En referència els seus sistemes, abans d'iniciar el vol, la tripulació va detectar una indicació anormalment alta de la temperatura de la sonda RAT, que va fer descobrir que la calefacció de la sonda RAT s'estava escalfant estant l'aeronau a terra.

Les dades de la investigació procedents de la gravació del registrador de veu a cabina de vol (CVR), dels paràmetres gravats en el registrador de dades de vol (DFDR), dels estudis d'actuacions desenvolupats, de les evidències físiques recollides en el lloc de l'accident i dels exàmens sobre algunes d'aquelles evidències realitzats al laboratori, indiquen que la maniobra d'enlairament es va realitzar amb els *slats* i *flaps* plegats, la qual cosa constituïria una configuració inapropiada que no garantia la seguretat. Les inspeccions dels elements recuperats dels *slats* en l'escena de l'accident presentaven evidències que corresponien a una condició de *slats* plegats.

Per altra banda, els valors gravats en el registrador de dades de vol (DFDR) indicaven que els *flaps* van estar plegats durant tot el rodatge de l'avió fins a la pista, en la trajectòria d'enlairament i en tota la seqüència de l'accident fins que es va interrompre el funcionament del registrador després de l'impacte. A més, els exàmens realitzats en el laboratori sobre la palanca de control d'actuació


---

<sup>15</sup> Air Transport Licensing Board.

dels *flaps*, que es va extreure de les restes de l'accident, van permetre descobrir l'existència de marques situades en la posició corresponent a *flaps/slats*, que possiblement es van produir per l'acció de la mateixa palanca en el moment de l'impacte.

Tanmateix, els resultats de l'examen realitzat a laboratori sobre les llums indicadores de *slats* són coherents amb les indicacions que es presentarien amb la palanca de control de *flaps/slats* en la posició *UP/RET*<sup>16</sup> en el moment que l'aeronau va patir els reiterats impactes amb el terreny.

L'operador comptava amb procediments estàndard i llistes de comprovació projectats per tal que els pilots poguessin preparar l'avió per una operació segura, entre les quals s'inclouia la selecció i confirmació de la posició dels *flaps/slats*.

		OM-B MD-80	Page: 2 Rev: 01 Issue: 15.02.08
Section:	02 – Normal Procedures	Subchapter:	
Chapter:	01 – NORMAL CHECK LIST	01 – NORMAL CHECK LIST	

40.	Brake Press. & Temp .....	CHECKED
41.	Flight Instruments & HSI/ND Mode .....	CHECKED
42.	Altimeters .....	SET & CHECKED
43.	Static Air .....	NORMAL
44.	FMS/ACARS .....	CHECKED & SET
45.	Radar .....	CHECKED & OFF
46.	Stabilizer Trim .....	CHECKED
47.	Spoilers .....	DISARM
48.	Rudder Control Lever .....	POWER
49.	T/O Warning & Throttles .....	CHECKED & IDLE
50.	Fuel Levers .....	OFF
51.	Flaps & Slats .....	UP & RETRACTED
52.	Transponder/TCAS .....	CHECK/STBY
53.	Pneumatic X-Feed Levers .....	OPEN
54.	Trim Tabs .....	SET
55.	Emergency Equipment .....	CHECKED
56.	Oxygen Supply .....	CHECKED

[Figura 12]. Part de la llista de comprovació.

Els pilots de l'accident van utilitzar aquests procediments com a referència, però no els van complir estrictament i per tant, no van estendre els *flaps/slats*, per la qual cosa no es va configurar correctament l'avió pel posterior enlairament.

<sup>16</sup>Fa referència el no ús dels *flaps/slats*.

A part, les dades de la investigació indicaven també que el sistema encarregat d'advertir a la tripulació de la configuració inadequada per l'enlairament (*TOWS*)<sup>17</sup> no va funcionar. No es va gravar, en cap moment, en el registrador de veu a cabina (CVR) el soroll de l'alarma ni la veu sintètica que avisa quan no estan estesos els *flaps i slats*.

## 5.2 Causes Fonamentals

Múltiples són les versions que es van presentar com a causes principals de l'accident de Spanair de l'agost de 2008. A continuació es mostren les causes segons cada punt de vista.

### 5.2.2 Segons la CIAIAC

La investigació té un caràcter exclusivament tècnic, on la seva finalitat és la prevenció de futurs accidents i incidents, per tant no està dirigida a determinar ni establir culpa o responsabilitat de cap classe.

Així doncs, segons la investigació, es va determinar que la tripulació va perdre el control de l'avió a conseqüència de l'entrada a la pèrdua imminentment després d'enlairament, per no haver configurat l'aeronau correctament. A més, tampoc es va realitzar l'acció de desplegar els *flaps i slats*<sup>18</sup>, juntament amb una sèrie d'errors, omissions, i l'absència d'avís de la configuració incorrecta d'enlairament. La tripulació no va identificar en cap moment, els avisos de pèrdua, per tant no van corregir la situació després d'enlairar.

El fet doncs, que la tripulació no detectés l'error de configuració, es devia al fet que no va utilitzar adequadament les llistes de comprovació que contenen els punts per seleccionar i comprovar la posició dels flaps/slats en la preparació de vol, concretament:

- I. No es va dur a terme l'acció de seleccionar flaps/slats amb la palanca corresponent de control (*After Start Checklist*).
- II. No es va realitzar la comprovació creuada de la posició de la palanca i l'estat de les llums indicadores de flaps i slats en el moment d'executar la llista de comprovació (*After Start*).
- III. Es va ometre la comprovació de flaps i slats en el punt *Take Off Briefing*, de la llista de comprovació de taxi.

---

<sup>17</sup> Take Off Waring System.

<sup>18</sup> Dispositius hipersustentadors dissenyats per augmentar la sustentació en determinades fases de vol d'un aeronau.

- IV. En la comprovació visual realitzada en l'execució del punt *Final Items*, corresponent a la llista *Take Off Imminent*, no es va realitzar una confirmació real de la posició dels flaps i slats, tal com mostraven els instruments de la cabina de vol.

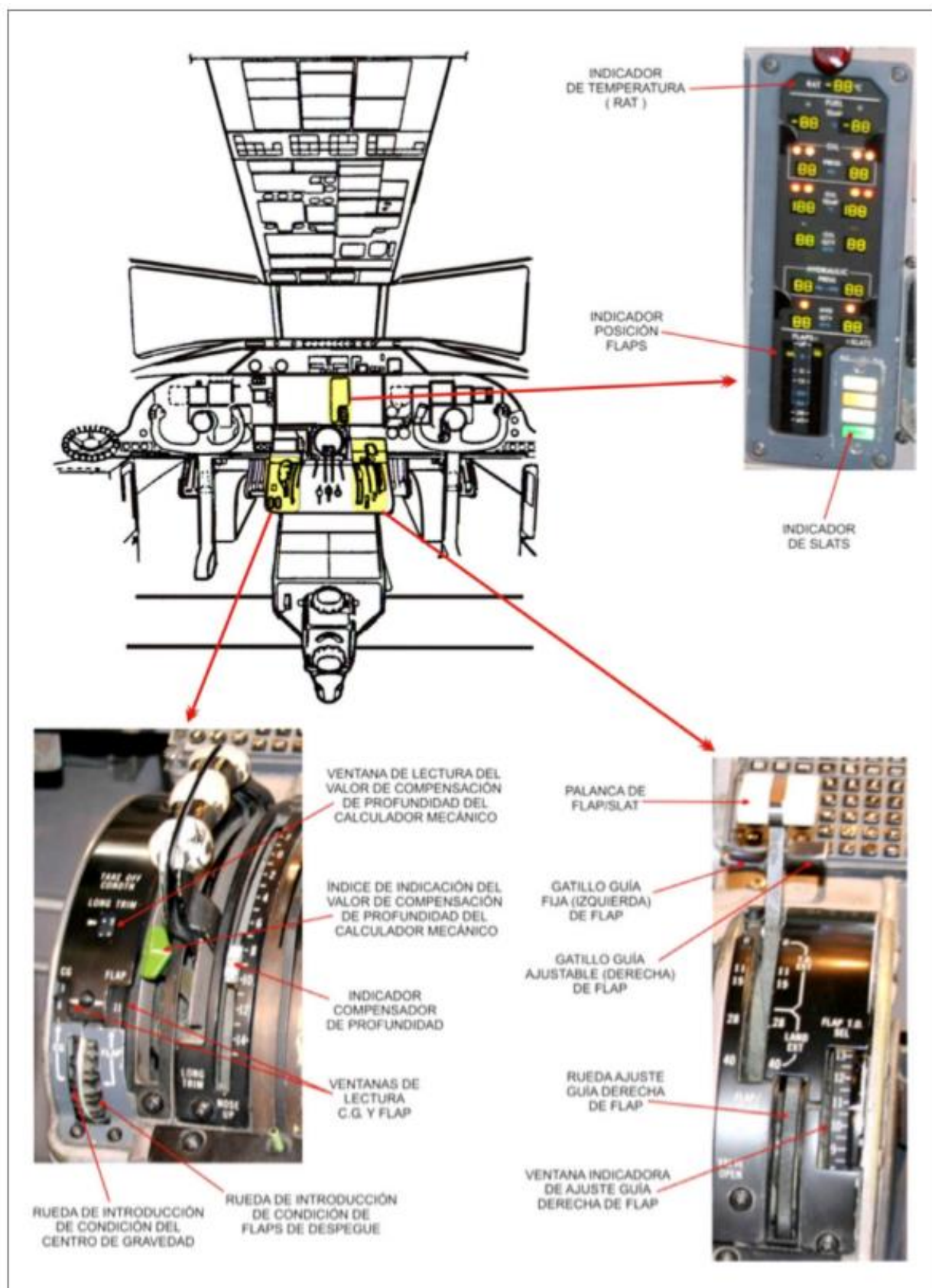
A més, com a factors contribuents, la CIAIAC afegeix:

- I. L'absència d'avís de la configuració incorrecta d'enlairament perquè el TOWS no va funcionar i per tant no va alertar a la tripulació que la configuració d'enlairament de l'avió era inapropiada. No va ser possible, determinar la causa per la qual el sistema TOWS no va funcionar.
- II. Una inadequada gestió dels recursos de la tripulació (CRM)<sup>19</sup>, que no va impedir la desviació dels procediments davant interrupcions no programades en la preparació del vol.



[Figura 13]. Identificació dels Flaps/Slats.

<sup>19</sup> Crew resource management. Seguit de procediments que s'utilitzen en situacions on l'error humà pot originar terribles conseqüències.

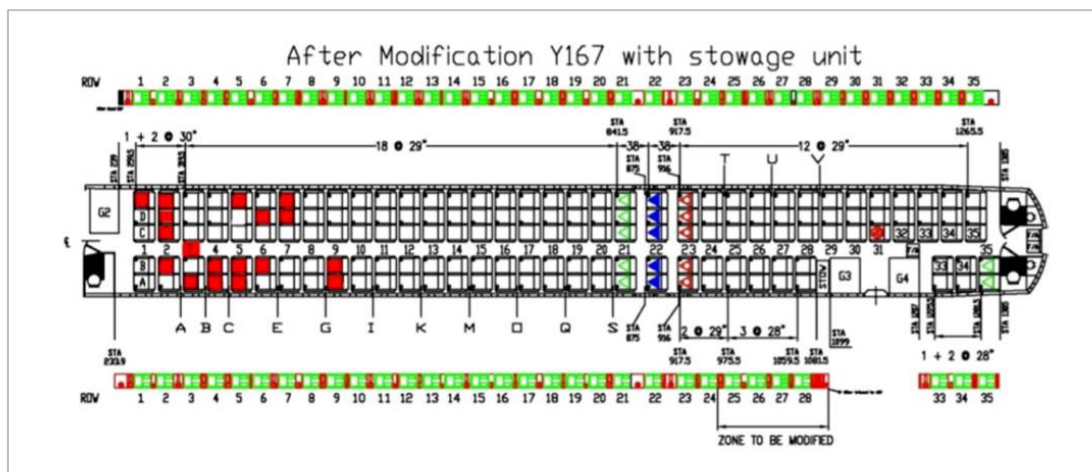


[Figura 14].Controls dels Flaps/Slats.



### 5.2.3 Segons Rafael Vidal

Primerament recalcar que Rafael Vidal, és un dels 18 supervivents de l'accident del passat 20 d'agost de 2008. A més, està graduat en enginyeria electrònica, fet que accentua més la rellevància del seu testimoni en la investigació de l'accident. Inclús, va mantenir la consciència en tot moment.



[Figura 15]. Localització dels supervivents.

■ Seients dels supervivents

Explica doncs, com a testimoni de primera línia, que l'associació que portava la investigació durant el procediment judicial, li va demanar a l'empresa Boeing, fins a tres ocasions, una documentació que acredités les dades del disseny de les aeronaus de Boeing MD-82, per tal que el jutge pogués verificar si realment hi havia un error o no, en el disseny d'aquestes. Fet, que mai es va originar.

Per això, no li va estranyar que en l'informe final de la CIAIAC, confirmessin que l'aeronau estava correcte, ja que, no es va donar la documentació per poder investigar-ho.

Durant el seu procés de recuperació a l'hospital, va aparèixer el primer informe interí de la Comissió d'investigació. El qual va llegir, i sorprenentment, va observar que es comentava que en les proves funcionals que s'havien realitzat en el *Relé 2.5* que relacionava tant el *TOWS*<sup>20</sup> com la

<sup>20</sup> Take Off Warning System. Sistema d'avís de configuració en l'enlairament.



sonda RAT estava donant errors. Inclús, en la conclusió final de la Comissió d'Investigació es llegeix com a conclusió 45:

*“Existen modos de fallo de relé R2-5 que pueden afectar simultáneamente al sistema de la sonda RAT y al TOWS. Entre estos modos está la falta de alimentación a la bobina del relé o un fallo en las espiras de la propia bobina que impida a su funcionamiento.”<sup>21</sup>*

Per tant, en aquest aspecte no hi ha cap dubte, que aquesta peça sí que relacionava ambdós sistemes. Ara bé, la sorpresa va arribar quan, Vidal va observar en una taula que estava dins l'informe interí, que algú amb molt coneixement d'electrònica definia amb llenguatge tècnic l'error, dient:

*“... este valor es el que he medido, y lo que está diciendo es que la pieza entera falla, fallan los dos sistemas y es congruente con lo que estaba pasando en el momento del accidente se estaba encendiendo un calefactor en tierra que solo se enciende en vuelo y entonces no funcionaba el TOWS...”<sup>22</sup>*

Vidal, els hi va comentar a la Comissió d'Investigació, el seu punt de vista sobre la importància de la taula amb els valors numèrics, on la persona que ho mesurava, presentava en llenguatge tècnic com els valors obtinguts demostren que la peça fallava completament i per tant era un fet compatible amb l'accident. - D'aquesta manera es resolia la causa de tot l'accident - segons Vidal. Però els de la Comissió d'Investigació, concretament Francisco Soto va considerar que realment no era un aspecte important a tenir en compte, tot i haver estat un dels seus treballadors, el portador d'aquella informació tan rellevant. Curiosament però, no només es va acabar esborrant el rastre d'aquesta taula a l'informe interí, posteriorment, sinó que actualment tampoc apareix en l'informe final.

Així doncs, és la mateixa associació que va haver de demanar una nova prova a l'INTA<sup>23</sup> per intentar demostrar davant un jutge, el que ells mateixos prèviament ja havien descrit a la taula amb els valors numèrics mesurats, per un dels seus treballadors.

De manera que un cop es demana realitzar aquesta prova, el primer dia la peça en qüestió, el relé 2.5, funcionava correctament. Però el segon dia, quan es repeteix la prova, torna haver-hi un problema en la peça. Llavors es va començar a mesurar, i van obtenir valors fora de rang. És a dir,

---

<sup>21</sup> Extret de la compareixença judicial del 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=QK12CagGkDo>

<sup>22</sup> Extret de la compareixença judicial del 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=QK12CagGkDo>

<sup>23</sup> Institut Nacional de Tècnica Aeroespacial.

en l'electrònica existeixen uns valors i unes toleràncies que si estan fora d'un cert rang, significa que la peça no actua degudament.

Davant la sorpresa del moment, vist que els valors sortien fora del rang en el segon, i fins i tot en un tercer intent, canviant inclús l'instrument de mesura, es va descriure en l'informe de l'INTA el següent:

*"... se observó que los valores en dicha tabla estaban fuera de rango en el relé del accidente consecuencia de ello se procede a repetir los valores de esa tabla dos veces..."*

Per tant, hi va haver una primera mesura de la CIAIAC obtenint un valor tan desproporcionat, que explicaria realment la causa de l'accident. Llavors, una segona mesura del mateix INTA<sup>24</sup>, en el qual també s'observa una variació del valor, tot i no ser tan desmesurat com la que va obtenir en el seu moment la CIAIAC, però sí suficient per corroborar de nou que la peça funciona malament.

Rafael Vidal, recalca de nou, que tot això, no es troba en cap apartat de l'informe final. No existeix ni un sol comentari on es parli de l'error obtingut en les dades la taula, que explicaria per complert l'accident, i així no hagués fet falta ni tantes proves ni tants anys.

A més durant el procés d'investigació es va detectar que tot el problema del relé podia ser originat per un error de disseny en tota la flota dels avions MD-80 de Boeing. Originant tal error que faria que els relés duressin molt menys del que haurien de durar.

Per tant Vidal creia, que Boeing tenia l'obligació d'informar que el relé s'havia de canviar en cada 'x' cicles de l'avió. Perquè d'aquesta manera s'haguessin evitat molts accidents relacionats amb TOWS. En el cas d'haver-hi un error de disseny.

Ara bé, a l'informe interí es parla d'aquest fet, i dels cicles del relé. Enunciant que aquest, aguanta 100.000 cicles, segons el fabricant. Sense cap justificació. Però, Vidal observa com en la documentació del fabricant, hi ha una nota molt curiosa d'aquesta peça, que diu:

*"... si este relé está conectado a un tipo de carga inductiva, pues estos 100.000 ciclos equivalen a un 20% que dependería: de unos datos, de la corriente que pase y de los valores de la sonda ..."*

S'entén doncs, que si no s'aporta aquesta documentació, no es pot saber si el disseny estava bé o no, ja que la vida del relé és molt més inferior a la dels 100.000 cicles que posa l'informe final. És més, l'accident del 20 d'agost de 2008, consta que el relé portava 40.000 cicles. A més, si

---

<sup>24</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.

també tenim en compte els accidents de Detroit<sup>25</sup> i Mandala<sup>26</sup>, que portaven només 50.000 i 40.000 cicles respectivament. Tots pertanyents a la flota de Boeing i desembocant en una catàstrofe. Casualitat? La pregunta era, segons Vidal:

***“¿Si todo estaba correcto que problema tenía Boeing en presentar la documentación?”***

És més quan s’explica tot això a la Comissió d’Investigació, i es veu que tota la causa de l’accident vindria per part d’un possible error del disseny de Boeing. Desapareix tot aquest raonament de l’informe final, i només hi consta, els 100.000 cicles que el fabricant afirma que dura el seu relé. De fet com més temps passa, més documentació “es perd pel camí” referent aquest aspecte, segons Vidal.

#### 5.2.4 Segons Boieng

El que va ser president de Boeing a Espanya el 2008, Pedro Argüelles va manifestar que no va participar en el procés d’investigació de l’accident de Spanair, ja que, considerava que no tenia les capacitats per ser un contribuent positiu en el procés d’aclariment. I que per tant, simplement amb la col·laboració dels tècnics especialitzats que residien els Estats Units que pertanyien doncs a unitats específiques de la companyia, i amb els que ell en cap cas hi va tenir cap relació, ja era suficient.

Com ja s’ha explicat en l’apartat anterior sabem doncs, que en reiterades ocasions el jutjat va demanar el fabricant Boeing una certa documentació on es reflectissin tres valors que podrien haver demostrat l’error ocult en la flota MD-80, i que alhora haguessin estat de gran ajuda en el procés d’investigació, del qual el senyor Argüelles, afirmava que desconeixia per complert el motiu pel qual no s’havia presentar.

Entenem, que per fer negocis, el bon nom de l’empresa és fonamental, és a dir, si l’empresa té una pèrdua de prestigi, seria molt difícil per Boeing, vendre avions. Per tant, per Boeing era important deixar clar que no tenien cap mena de relació la seva aviónica amb els problemes que van originar l’accident.

---

<sup>25</sup> El vol 255 de Northwest Airlines, un McDonnell Douglas MD-82 impacta després de l’enlairament a Detroit.

<sup>26</sup> El vol 091 de Mandala Airlines, un Boeing 737-230Adv, impacta en una zona residencial, poc després de l’enlairament a Medan.

A més, quan es va detectar l'error previ a l'accident de la sonda de temperatura, el mecànic en servei va utilitzar el manual de manteniment, però en aquest no apareixia reflectit que en inutilitzar el relé 2.5 de la sonda de temperatura RAT s'inutilitzés alhora el TOWS.

A tot això Argüelles, va manifestar:

*“... yo no tengo el nivel de conocimiento técnico para responder a este aspecto desde el punto de vista técnico. He leído la información que se contiene sobre ese particular en el informe de la Comisión Investigadora, y yo no deduzco esa lectura que a lo mejor no ha sido suficientemente detallada, pero yo no deduzco que el problema que existió previó con la sonda, esté necesariamente acompañado de una invalidación del sistema TOWS del avión.”*

A més, afirma, que en cap moment durant la investigació es va establir que el sistema TOWS que tenia l'avió accidentat, tingués un defecte de disseny, que l'únic que es va concloure en la investigació era que el disseny era correcte però que possiblement no s'havia comprovat en el moment oportú, i que això, portés com a conseqüència que dins la cabina de l'avió s'impedís escoltar el senyal d'alarma.

Però ens preguntem: Com es pot comprovar el funcionament si no hi ha un sistema redundant que digui que el sistema TOWS no funciona? Ja que si no hi ha un sistema redundant, pot perfectament el sistema no funcionar i els pilots no saber-ho. Perquè la configuració de flaps/slats no era la correcta, i l'avió considerava que sí en aquell moment.

Així doncs, experts asseguruen que en el moment que s'activa la palanca dels gasos de l'avió, és quan s'activa l'alarma sonora que és totalment determinant, i que cap pilot enlaira amb una alarma sonora d'aquest calibre. Per tant, si l'alarma sonora del TOWS hagués funcionat en el moment d'activació de la palanca dels gasos, les víctimes de l'accident, avui no serien víctimes.

Doncs ni amb aquesta explicació lògica, Pedro Argüelles, no entenia que aquesta fos la causa de l'accident, ja que afirmava que hi va haver una concatenació d'errors tècnics i humans que van desencadenar l'accident, i que de totes maneres, si hagués sonat l'alarma, no se sap el que hagués passat.

Cal tenir en compte però, que l'explicació prèvia és recolzada per un altre pilot de Lanzarote que va tenir el mateix problema l'any 2007, i tampoc li va sonar l'alarma però que afortunadament va aconseguir enlairar l'aeronau. Aquest pilot ho va documentar i va passar tota la informació a la companyia per la qual treballava i també, a la CIAIAC, però no es va tenir en consideració, i un any després es va originar l'accident a Madrid.

A part, l'informe final de la CIAIAC estableix la relació entre els accidents de Detroit i Lanzarote amb el de Madrid de 2008, és a dir, se situen els antecedents en aquests accidents. Per tant, es coneixia que el TOWS podia fallar a les sèries de la MD-80, ja que no era redundant encara que l'avió estigués mal configurat per l'enlairament. Ara bé, no s'entén perquè Boeing no va modificar la fabricació el disseny del relé 2.5 i el TOWS dels seus avions, si ja s'havien produït accidents catastròfics prèviament.

Així i tot, Argüelles defensa:

*“...el avión está certificado y tiene su certificado en vigor, por lo tanto, el fabricante no tiene que modificar nada de ese diseño si no recibe una instrucción de la autoridad...en el accidente Spanair se produce una investigación de la cual no se deriva una instrucción a Boeing para que modifique el diseño del sistema TOWS. Lo que hay es una solicitud de Boeing a las compañías aéreas para que se haga una mejor comprobación del sistema en cada despegue y un mejor adiestramiento de las tripulaciones para que conozcan como funciona de verdad...”*

*... distingo en lo que es un problema en el avión y lo que es un problema en los procedimientos del usuario. Si usted sale a conducir su coche con una rueda baja de presión y revienta el neumático, porque usted no ha comprobado la presión adecuada del neumático, no va usted a culpar a Pirelli<sup>27</sup> porque probablemente el neumático es perfecto, simplemente usted ha cometido a lo mejor un fallo en el mantenimiento. Pues en esto pasa lo mismo, las autoridades examinaron los sistemas que el avión embarca para aumentar la seguridad. Además, **el sistema TOWS no es un sistema esencial en la seguridad de un avión**, conceptualmente. Un avión puede volar igualmente seguro con el TOWS o sin el TOWS. El TOWS es una ayuda para prevenir los errores humanos...”<sup>28</sup>*

D'aquesta manera Perdro Argüelles, va manifestar que en el seu moment es va investigar el procés i el funcionament del TOWS, i aquest funcionava perfectament. Que per tant, per poder evitar de nou un accident així, feia falta reforçar les pràctiques de formació i d'utilització de la tripulació, fet que no tenia res a veure amb el disseny de la seva flota.

---

<sup>27</sup> Marca de neumàtics.

<sup>28</sup> Extret de la compareixença judicial del 2018, [https://www.youtube.com/watch?v=wKUTt3UXC\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=wKUTt3UXC_o)

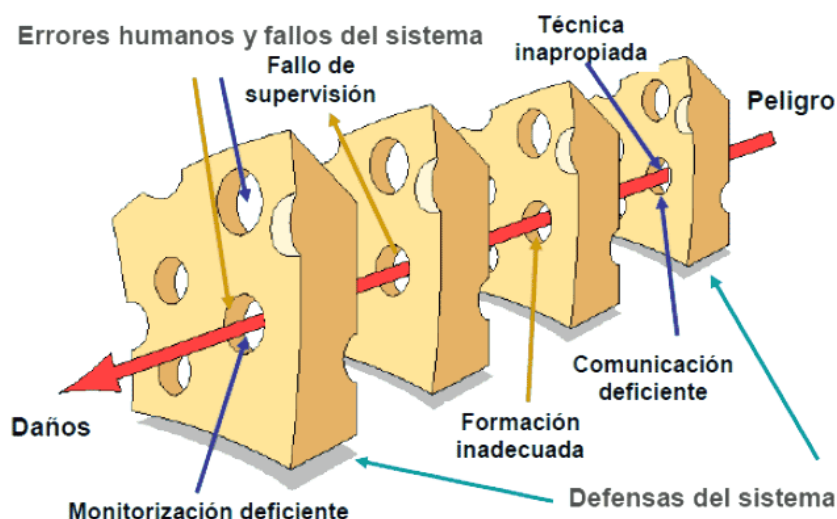
### 5.2.5 Segons el Representant dels Pilots

Javier Nart, va ser l'advocat dels pilots accidentats, durant el procés d'investigació judicial de l'accident Spanair. Tenia un objectiu clar: arribar a conèixer el que havia passat realment, per tal que no tornés a passar mai més.

Segons Nart, el problema era estructural i repercutia en el fabricant i alhora a la Direcció General d'Aviació Civil, ja que, el problema bàsic era que un avió quan és operatiu ha de tenir sistemes que siguin redundants. És a dir, sistemes d'alarmes i avisos centralitzats (CAWS)<sup>29</sup>.

Així doncs, un dels elements més importants és el TOWS. El problema que va sorgir en l'aeronau del model MD-82, era que el sistema no era redundant i que en conseqüència els pilots no obtenien el coneixement que el TOWS estigués inoperatiu. El succés de l'accident de Spanair és la conseqüència del que es denomina en termes tècnics: *Queso de Reason*<sup>30</sup>. S'han d'alinear els forats per tal que es produeixi l'error, i en aquest cas el resultat va ser fatal amb 154 morts.

A més, hi va haver un accident extraordinàriament important succeït a Detroit l'any 1987, que ja hem contextualitzat prèviament, on va quedar clar que la tripulació no havia configurat l'avió, és a dir, no havia configurat flaps/slats i en conseqüència l'aeronau va caure sense que sonés l'alarma, que advertia que el pilot no havia configurat l'avió.



[Figura 16]. Queso de Reason.

<sup>29</sup> Tot el sistema que té un pilot per conèixer si hi ha un element que no està operatiu o que té algun error.

<sup>30</sup> Model utilitzat en l'anàlisi de riscos i gestió de riscos, s'utilitza en l'aviació, l'assistència sanitària i l'enginyeria.

Sempre que es produeix una no configuració de l'avió, l'error és humà. El pilot ha de configurar l'avió, però el pilot sap que té un sistema que l'avisarà en el moment que activi els gasos. Però en aquest cas no va funcionar, perquè l'avió constava amb un defecte de construcció segons van determinar els pèrits, de l'òrgan pericial col·legiat (COPAC)<sup>31</sup>.

Així doncs, l'accident de Spanair a l'aeroport de Madrid-Barajas, segons Nart va ser causat per la sonda RAT, la qual opera quan l'avió està volant, llavors es condueix elèctricament la sonda RAT per evitar que per l'altitud es congeli i no tingui les dades que ha de proporcionar a la tripulació de l'aeronau.

La sonda RAT s'activa o es desactiva a través d'un disjuntor Z29 que és el que alimenta elèctricament la sonda RAT. Malgrat això, aquesta va actuar quan l'avió estava a terra, fenomen important, ja que significava que l'avió estava volant. En el peu esquerre del tren d'aterratge del MD-82 s'hi localitzava un sensor, que sabia si l'avió estava volant o no, perquè l'avió pesa o no pesa. Quan es vola, l'avió no pesa. Per tant, l'informe que s'envia a tots els sistemes de l'aeronau és:

*"...el avión está operativo en vuelo o el avión está en tierra con todas las necesidades correspondientes. Entre ellas, no despegue usted si no tiene el TOWS, porque el TOWS le va a avisar de que el avión no está configurado..."*<sup>32</sup>

Ara bé, el problema va sorgir quan el disjuntor Z29 que alimenta la sonda RAT, va ser desconnectada per tal que la sonda RAT no escalfés estan l'avió a terra. I en conseqüència, això va ser un desencadenant que va fer l'avió pensés que volava, i en pensar que volava perquè estava desconnectat el sensor del peu esquerre del tren d'aterratge, l'avió amb un TOWS tècnicament operatiu entenia que estava volant i per tant, la tripulació no es va adonar que l'avió no estava en la situació correcta ni corresponent.

Javier Nart va fer la següent observació:

*"el fallo del TOWS según dice el Órgano Judicial Colegiado, es un fallo que obliga el avión a quedarse en tierra. Si el TOWS no está operativo, o bien el TOWS está con un fallo, inmediatamente, tiene que haber una señal que te diga que eso no es operativo. Eso es la redundancia. No simplemente que tengas una alarma, sino una alarma, un aviso, de que hay algo que no está operativo y no te puedes fiar de los sistemas que tienes en la cabina."*

<sup>31</sup> Col·legi Oficial de Pilots de l'Aviació Comercial.

<sup>32</sup> Extret de la compareixença judicial del 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=aszf523cAew>

Nart també fa un incís en l'accident del que ja prèviament hem comentat. Parlem de l'incident de Lanzarote, on gairebé l'aeronau va arribar a impactar amb la gasolinera de l'aeroport, perquè va enlairar sense una configuració prèvia, i a més, també havia afectat en un dels disjuntors. I en comptes de resoldre el problema, la CIAIAC va inhibir el símptoma.

*Per exemple: És com si una persona s'estigués cremant la mà amb foc, i en comptes de treure la mà del foc, procedís a anestesiarse la mà. La mà s'acabaria cremant del tot, no? Doncs en aquest cas cremar-se, equival a 154 morts.*

Doncs bé, la Direcció General d'Aviació Civil davant l'incident de Lanzarote va crear la Comissió d'Investigació d'Accidents i Incidents d'Aviació Civil (CIAIAC), on es formava per dos alts responsables que sabien perfectament que a Espanya operaven els MD-82. I sabent, que sabia produït un succés que tenia ja origen a Detroit, amb 50 incidents més, l'extraordinari de Lanzarote, que de miracle no hi va haver morts, ja que sinó, aquest hagués estat el primer accident i no el de Madrid, davant doncs, de tot aquest escenari, no es va fer absolutament res.

Segons l'Òrgan Pericial Judicial, s'hauria d'haver retirat la llicència d'operacions de l'avió, ja que, que el sistema del TOWS està classificat com un *NO GO*<sup>33</sup>. Però tot i això, sabent que s'estaven aplicant criteris inadmissibles, no van voler fer front a un risc notori i evident, i van seguir mantenint la llicència. És més, el pitjor de tot, és que, després de l'accident de Spanair tampoc es varen modificar els criteris de seguretat per tal que fossin redundats els sistemes TOWS en els avions MD-82, si més no a Espanya. Simplement, plantejaven controls de l'operativitat del TOWS, tot i que reconeixien que després de controlar si el TOWS estava operatiu, podia fallar en l'enlairament sense que la tripulació s'adonés.

La qüestió que presentava Nart va ser la següent:

***“¿Si la CIAIAC conocía el incidente de Lanzarote, por qué no lo aplicó para evitar el accidente en Madrid?”***

És més, actualment no hi ha avió que operi sense un TOWS no redundant, perquè és obligatori que sigui redundant. El problema és que no se sap en quines condicions estan les inspeccions, ja que, encara que fins ara no hagi passat res, abans d'ocasionar-se l'accident de Spanair tampoc havia passat res, però sabem que realment sí que havien passat. Els 50 incidents, més el de Detroit i el de Lanzarote. Llavors el tema és, que el Ministeri hauria de tenir una competència inspectora

---

<sup>33</sup> No es pot iniciar el vol si no està operatiu el TOWS.



efectiva, i no simplement metafísica, filosòfica i burocràtica. Per tal que no es produís de nou l'escenari de Spanair, explica Nart.

Cert és, que l'avió de Spanair va haver de tornar a pista perquè la sonda RAT estava escalfant. I clar, el fet de tornar un altre cop en posició per volar, a causa de la pressió que tenien per no augmentar més el retard del vol, va fer que se'ls oblidés tornar a configurar l'avió. Però, ara bé, en sortir i activar la palanca de gasos i no sonar el TOWS, era evident per qualsevol persona, que l'avió estava ben configurat. Per això, els perits han recalcat sempre en els seus informes que el TOWS no va funcionar, i d'aquí deriva la causa de l'accident. Si el TOWS hagués funcionat o hagués avisat de la no funció, no s'hagués produït l'accident, comenta Javier Nart.

Perquè el que Nart volia que quedés clar era:

*"... si tienes una alarma visual, una luz que te dice: el TOWS no tiene operatividad por qué no le llega el impulso eléctrico o bien, el TOWS está inoperativo por difusión. En el momento que lanzas la palanca de gases ves que aparece un punto de luz, que te dice: ojo, no estás configurado. Por lo tanto, claro que es absolutamente esencial. Hasta el punto, que todos los aviones que volaban entonces estaban en una situación de redundancia. Hasta el punto de que la Agencia Federal Norte Americana hizo una recomendación no obligatoria, y habría que preguntarles a ellos: ¿por qué a una importantísima compañía del ámbito de la defensa no se le exigió que pusiera redundancia o en aviso suficiente en el sistema CAWS?, donde forma parte de ello el TOWS, ¿por qué no se le exigió?*

***En ese momento operaban centenares de aviones MD-80 i MD-82 por todo el mundo. Uno saca sus conclusiones. "***<sup>34</sup>

Actualment en Espanya, totes les aeronaus tenen un sistema de redundància en el TOWS. Però no precisament, per les virtuts de Aviació Civil, sinó per l'eficiència de les companyies que de manera directa ho han instal·lat. Ja que, és tan evident com entendre:

***Per exemple:*** Un cotxe ha de tenir frens. El fabricant de cotxes, instal·la frens els seus cotxes, per què algú l'obliga? Doncs no, simplement els instal·la perquè té sentit de la responsabilitat.

---

<sup>34</sup> Extret de la compareixença judicial del 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=aszf523cAew>

Així doncs, per tal d'entendre de manera més visual i sintetitzada les causes de l'accident, a continuació es presenta la següent taula:

		VERSIONS			
		CIAIAC	Rafael Vidal	Boeing	Representant dels Pilots
CAUSES	Error del Relé 2.5		x		
	Error del TOWS		x		x
	Error del disseny dels MD-80		x		x
	Error configuració Flaps/Slats	x			x
	Error en la Sonda RAT		x		x
	Mala gestió de la tripulació	x		x	

[Taula 3]. Resum causes accident Spanair..

● Error Mecànic

● Error Humà

Entenem que un accident sempre es compon d'una cadena de factors, que s'acaben traduït en una catàstrofe. Cert és però, que en el cas de Spanair JK5022, després d'haver analitzat diverses perspectives determinants de les causes originàries de l'accident, creiem que el final sempre es responsabilitza a l'eslavó més dèbil, en aquest cas van ser els pilots. Evidentment, sabem que part de responsabilitat van tenir però no la més gran. Possiblement hauria estat de gran ajuda, per evitar l'accident, tenir a l'abast el que avui dia es coneix com a manteniment predictiu, que a continuació explicarem.

## 6. MANTENIMENT PREDICTIU

Pel que hem pogut analitzar fins ara, creiem que un dels factors principals que originen accidents aeris es localitzen en l'àrea de manteniment, englobant així, tant el manteniment de les aeronaus com el de les ràdios-ajudes. Per això, actualment moltes aerolínies i empreses fan ús del Manteniment Predictiu, per tal de predir el què ha de passar abans que passi.

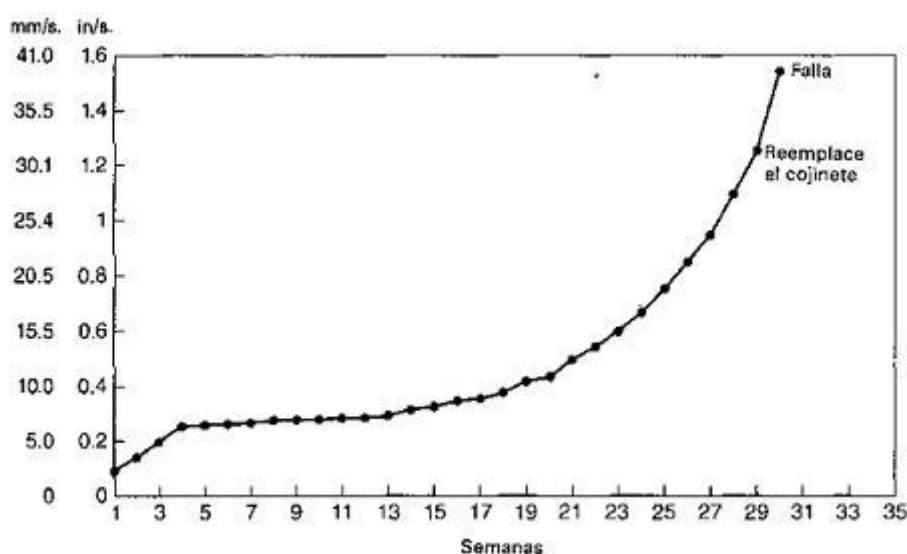
### 6.1 Què és?

El *Predictive Maintenance* (terme en anglès), es basa en la utilització d'equips sensorials per tal de recopilar dades en brut de diversos sistemes i subsistemes. D'aquesta manera, pot predir el futur punt de fallida d'un component, sigui de l'aeronau o de la ràdio-ajuda, i així poder-lo substituir, a partir d'un pla, abans que falli. És així, com es minimitza el temps d'inactivitat de l'equip i es maximitza la vida útil dels components.

A més aquesta tècnica implica la mesura de diversos paràmetres que mostren una connexió previsible amb el cicle de vida del component. Alguns d'aquests paràmetres que s'utilitzen són:

*Per exemple: Rodaments de vibració, temperatura de les connexions elèctriques o resistència d'aïllament de la bobina del motor.*

Amb l'ajuda dels paràmetres, el manteniment predictiu pot establir una relació entre la variable seleccionada i la vida dels components. Això s'aconsegueix a partir de lectures dels intervals regulars fins que el component falla. Mostrant així una corba típica que resulta de traçar la variable amb el temps.



[Figura 17]. Exemple de la vibració d'un rodament.

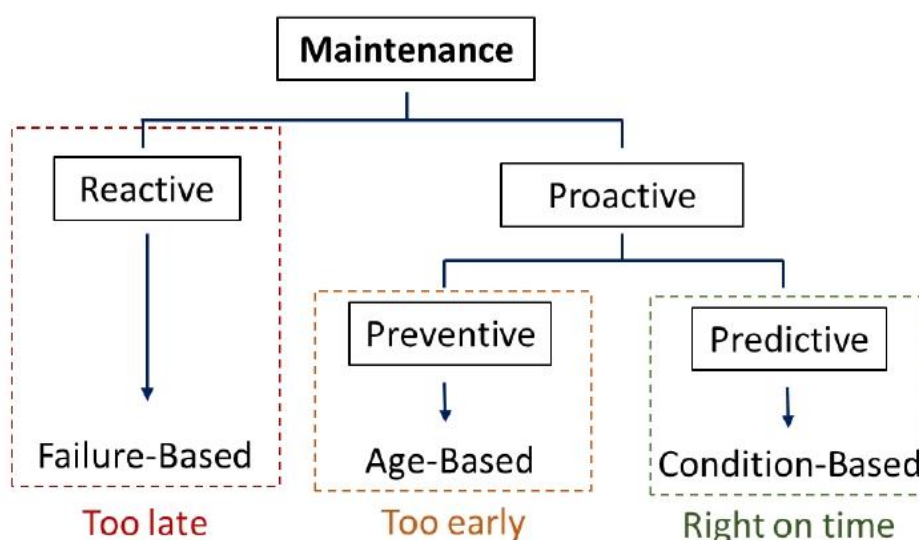
Tal com indica la corba, els rodaments posteriors s'han de substituir quan la vibració arriba a 31,00 mm/segons, aproximadament. D'aquesta manera els fabricants d'instrumentació i programari de manteniment predictiu poden recomanar valors per substituir els components de la majoria d'equips.

## 6.2 Objectiu del Manteniment Predictiu en l'aviació

Com ja hem explicat, dins el sector de manteniment i del sector aeronàutic, l'objectiu principal és predir quan es pot produir un error d'un component, i a més poder-lo evitar mitjançant la realització del servei de manteniment. Ja que així, els permet tenir un control a les aerolínies dels components que en un futur pròxim poden arribar a fallar, i d'aquesta manera es poden anticipar a planificar el manteniment abans que es produeixi el fracàs.

A més, els beneficis d'aplicar el manteniment predictiu a l'aviació implica, per una banda, una millora de les operacions, tant en l'inventari de previsions com en la gestió dels recursos. I per una altra banda, una reducció de costos, minimitzant el temps, les hores de producció perdudes pel manteniment i el cost de recanvis i subministraments.

## 6.3 Manteniment Preventiu vs Manteniment Predictiu



[Figura 18]. Diferència entre el manteniment predictiu i preventiu.

El manteniment preventiu és útil quan existeix una forta correlació entre l'antiguitat dels equips i la taxa d'error.

*Per exemple: Quan es produeix un desgast erosiu i corrosiu o bé, quan les propietats del material canvien degut el desgast.*

En aquest cas, la probabilitat d'error dels components i dels equips individuals es pot determinar estadísticament, i a més la substitució dels components s'acaba programant en un cert nombre de cicles. Fet que si recordem, no es va tenir en compte a l'accident Spanair JK5022, ja que no es va tenir present els cicles de l'aeronau, pràctica que hagués estat molt útil en aquell moment.

En canvi el manteniment predictiu, es pot definir com: la manera intel·ligent de maximitzar la disponibilitat de la màquina. És a dir, amb la informació adequada en el moment adequat es pot determinar l'estat dels equips que estan utilitzant per a predir quan s'ha de realitzar el manteniment. Com a resultat és possible programar convenientment accions de manteniment correctives, evitant així, l'error dels equips.

## 6.4 EXSYN

EXSYN Aviation Solutions, és una empresa que ofereix diversos productes i serveis per millorar el rendiment de la flota proporcionant solucions digitals, centrades en la gestió de dades de les aeronaus. Impulsat amb el propòsit de donar suport a les companyies aèries, en un sector que cada dia està més digitalitzat.

Les seves solucions es basen en casos d'ús real d'aerolínies, a més les seves habilitats són, específiques i adaptades. Per tal d'augmentar l'eficiència i la qualitat de les dades, i alhora per tal d'ajudar a reduir costos i els errors induïts pels humans. D'aquesta manera, les companyies aèries poden ser més competitives i eficients si disposen d'una alta adopció de tecnologia digital.

Com ja hem dit, totes les companyies són diferents, de manera que les solucions per a cada una també ho són. EXSYN, doncs, s'esforça per oferir la solució més òptima i resultats mesurables, a cadascun dels seus clients, com ara:

- **IBERIA:** La companyia buscava un soci de confiança que realitzés la migració de dades dins d'un breu període de temps i aquest alhora tingués una àmplia experiència en les bases de dades i en l'estructura de dades utilitzant el sistema SAP<sup>35</sup> molt personalitzat.

---

<sup>35</sup> Systems, Applications, Products in Data Processing, és un sistema informàtic que permet a les empreses gestionar d'una manera exitosa totes les fases dels seus models de negoci.

Així va ser com EXSYN, l'hi va oferir l'eina de processament de dades, EXSYN TITANT i el servei d'Aircraft Data Consultants com experts perquè els hi realitzés i gestionés la migració de dades. EXSYN va afrontar el repte del sistema personalitzat de fonts mitjançant les funcions de validació i neteja de dades de TITAN de manera que la companyia va rebre una millora enorme en la qualitat de les seves dades d'avions.

- **LEVEL:** Arran de la insolvència d'Air Berlin, es van dur a terme un seguit de canvis i d'incorporacions de noves companyies aèries de baix cost que operen des de Viena, Àustria. Així és com va néixer LEVEL Airlines, la darrera incorporació al grup IAG. Tot i que dos A330 ja operaven sota a marca LEVEL (gestionada per Iberia), aquesta situació era completament nova. Tanmateix, sense disposar de programari per gestionar l'aeronavegabilitat de la flota, els termes que englobaven la flota podrien passar ràpidament a una situació complexa per administrar l'aeronavegabilitat i el manteniment d'aquesta.

Així doncs, EXSYN a finals d'abril de 2018 van començar una implantació ràpida i àgil del software AMOS MRO, escollit per LEVEL. La combinació de coneixements tècnics detallats pel personal d'enginyeria de LEVEL, la solució de migració de dades TITAN d'EXSYN i les dades industrials disponibles dins d'EXSYN, van garantir un funcionament òptim i adequat del sistema. En aquest procés, es va requerir una cooperació racionalitzada eficient amb múltiples parts interessades, com ara la companyia aèria Vueling. Traduint-se el final en una atenció centrada en el suport del creixement de l'aerolínia i la millora continuada de la configuració de dades de l'aeronau per obtenir encara més eficiència.

Per tant, l'anàlisi de dades té un paper molt important en la predicció de la fallada de la maquinària abans de la fallada real, tot i no ser una solució senzilla. És un procés, costós i requereix temps, però alhora proporciona una seguretat a la flota, independentment de si es tracta d'un equip de suport a terra o d'una aeronau.

## 6.5 GE AVIATION'S DIGITAL WORKS

Amb més de 100 anys d'experiència en aviació, amb més de 46.000 anys de dades de vol i 8 mil milions de registres de manteniment, la GE Aviation ha ajudat a establir "un món industrial digital" a partir també, del manteniment predictiu.

El Digital Works de GE Aviation és l'eix del servei digital que ofereixen. Incorporen els seus experts dins l'organització per tal de planificar i a donar forma a la companyia aèria. És més, les ajuden a pensar en gran i executar en precisió, a partir de la unió de la ciència i la transformació digital.

Han hagut d'adaptar-se i evolucionar amb les tecnologies emergents i amb l'augment de dades. Per tal d'ajudar amb el manteniment predictiu a resoldre problemes difícils, crear solucions personalitzades i així crear una associació de treball duradora. A més, han implementat una metodologia de pensament de disseny que utilitzen per avaluar ràpidament problemes i crear solucions desitjables que tinguin èxit, ja que, en combinar la seva experiència física i d'enginyeria amb l'experiència digital i tecnològica, creen models i algoritmes que engloben tot l'espectre industrial digital. Així doncs, aquests models els permeten obtenir una millor versió dels problemes que les aerolínies puguin tenir.

*Per exemple:*

- **Millora del temps de Manteniment:** Una companyia aèria regional experimentava grans retards tècnics i cancel·lacions a causa de les activitats de manteniment que no estaven programades. Així doncs, després d'analitzar les dades, GE Aviation, es va reunir amb l'aerolínia per tal d'entendre millor els seus sistemes i el seu entorn.

Va ser a partir d'aquesta activitat, quan van poder construir un conjunt de models de pronòstic amb l'objectiu de detectar els errors amb una considerable antelació i així evitar el manteniment que no estava programat. Basant-se amb l'anàlisi de 45 paràmetres i creant un algoritme automatitzat basat en 23 avions i 2.000 vols, van poder aconseguir ajudar a la companyia aèria. I que aquesta, derivés amb la capacitat de predir activitats seleccionades amb suficient temps d'espera per planificar adequadament les seves solucions de manteniment.

- **Optimització de l'inventari:** Un gran transportista regional tenia un problema a l'hora de gestionar òptimament el seu inventari. Així doncs, GE Aviation van treballar amb l'empresa de transport regional, per tal de recollir registres històrics de demanda d'inventari, compres, transferències i reparacions.

A partir d'aquestes dades van poder crear un model d'aprenentatge de reforç per resoldre el problema de presa de decisions seqüencials. Algunes d'aquestes decisions incloïen prioritzar i equilibrar diverses localitzacions, durades de reparació i nivells de demanda imprevisibles, minimitzar l'inventari, prevenir l'estoc i reduir la càrrega no planificada. D'aquesta manera, després d'utilitzar el model proporcionat per GE Aviation, la companyia aèria va experimentar una reducció dels costos d'inventari entre un 20% - 30%. És més, a través del model, l'aerolínia va aconseguir reduir aproximadament 250.000 \$ anuals en costos.

Per tant, cal remarcar l'aspecte d'estalvi de costos, ja que, és molt més barat substituir un component que fa fallar un motor de turbina en lloc de revisar-ne un després d'un accident o incident aeri. Així doncs, de cara el futur, només ens queda observar com el manteniment predictiu s'adapta a la constant evolució.



## 7. ENTREVISTA A JESÚS LÓPEZ JIMÉNEZ

Per tal de tenir una opinió més professional i general dels temes esmentats anteriorment, hem realitzat una entrevista a Jesús López i Jiménez, enginyer tècnic de telecomunicacions a l'EUPVG, centre integrat a la Universitat Politècnica de Vilanova i la Geltrú, de la promoció del 1989 fins al 1996.

Cal destacar, que té més de vint-i-dos anys d'experiència en el sector, dels quals, els dos primers, 1997 al 1999, els va exercir de Tècnic Especialista Aeronàutic a LERS (Lleida) a la Torre de control de l'aeroport de Reus amb una duració d'un any i mig, i de Tècnic Especialista Aeronàutic a l'Àrea d'Automatització en el Centre de control de Transit Aeri al Prat de Llobregat.

Els dos següents, del 1999 al 2001 els va exercir com a Tècnic Especialista Aeronàutic en l'Àrea de ràdio-ajudes a la Torre de control de l'aeroport de Barcelona. Els nou anys posteriors, del 2001 al 2010, va ocupar la posició de tècnic expert aeronàutic en l'Àrea de PST a la Torre de control de l'aeroport de Barcelona.

Actualment, és Cap de Manteniment de l'Àrea GCI SNA de Catalunya a Enaire. Ha estat ocupant aquesta posició des de l'any 2010 fins el dia d'avui.



[Figura 19]. Jesús López i Jiménez.

1. Quin impacte creu que tindrà en el manteniment dels avions i de les ràdios ajudes de pista, la paralització durant tant temps de les aeronaus? Creu, que es pot traduir aquest impacte en accidents aeris futurs?

- Parlant d'avions no hauria de tenir cap impacte atès que la Normativa internacional d'OACI i per defecte l'aplicació del fabricant, imposen mesures molt estrictes pel que fa als calendaris de manteniment i revisions de les aeronaus.

No conec el calendari de revisions el món dels avions però si et puc dir que respecte les ràdios ajudes no ha variat per la Covid-19 i tant les inspeccions d'AESA com les auditories internes que teníem programades, les hem continuat tenint.

Per tant, no crec que els possibles accidents que puguin haver-hi en el futur siguin fruit de la retallada en manteniments a conseqüència de la Covid-19.

2. Creu que la COVID-19, us ha beneficiat en algun aspecte en el sector aeri? Us ha fet replantejar el model que engloba la seguretat aèria? Creu que la seguretat aèria es pot veure afectada? És a dir, entenem que el fet tenir durant tant temps els avions parats, requereixin més supervisió de l'habitual, sobretot en l'àrea de manteniment, per tal de seguir garantint la seguretat d'aquests.

- Jo no veig cap avantatge que la Covid-19 hagi dut al sector. El negoci del transport aeri es basa en la transferència de persones i mercaderies d'uns països a uns altres. Entenc que transportar persones amb seguretat significa protegir-les en aquests desplaçaments i per tant si una persona és portadora d'una malaltia, és un problema de salut més que de seguretat aèria.

Per tant, no crec que s'hagi de replantejar el model de seguretat aèria que tenim actualment. El fet de tenir els avions aturats implicarà que fer revisions més profundes si no s'han seguit els calendaris de manteniment durant el confinament. Si el calendari s'ha seguit, entenc que no és necessari.

3. Creu que l'aparició de la COVID-19 ha generat una pressió afegida en la presa de decisions, per tal de continuar amb l'efectivitat de la seguretat aèria, perquè no hi hagi futurs accidents ni incidents?

- Sens dubte, en el sentit de pressió a què les autoritats de tots els països del món, es veuen obligades a prendre decisions per adoptar normes legislatives, lleis, i fer-les complir perquè una malaltia no es propagui com ho a fet aquesta.

Pressió pel que fa a millorar la seguretat aèria, la meua opinió és que no, ja que el model que tenim actualment és prou segur i el que ha fet el Covid-19 és introduir restriccions al nombre de les operacions però no a la seguretat aèria com a vigilància del transport de mercaderies i persones.

4. Deixant de banda que els accidents sempre es componen d'una cadena d'errors. Creu que les causes principals en els accidents i incidents aeris radiquen en el sector del manteniment principalment? Pensa que el "*Predictive maintenance*" podria ajudar a prevenir futurs accidents aeris?

- Les màquines no s'equivoquen des de fa molt de temps. Això no vol dir que una màquina que està constituïda per una part hardware i un software pugui fallar. Normalment els softwares no fallen; pot fallar una peça per desgast amb el temps, és a dir, el hardware.

Els sistemes estan formats per moltes màquines que interactuen unes amb les altres per fer les tasques sense errors. Els errors normalment són humans per diferents motius com poden ser les distraccions, per falta de mantenir l'alerta, per falta de descans, per falta de formació, per excés de confiança, etc.

També els errors són mecànics, com he dit abans, produïts per peces que formen part del conjunt d'un sistema. Per tant, entenc que les causes dels accidents són principalment produïdes per errors humans i mecànics.

En referència el *Predictive maintenance*, cal dir que, òbviament tot el que sigui prevenir és molt útil per ajudar a fer que no es generin situacions perilloses dins el món aeri. Crec

que és una eina molt útil encara que nosaltres ja vam aplicar aquesta tècnica dins del manteniment preventiu.

**5. Un accident sempre, està format per una cadena de factors. Així i tot, quins són els factors que ens podria destacar, que són originaris o partidaris dels accidents aeris?**

- Els que ja hem dit: factors humans (errors dels pilots per diferents motius) i factors mecànics (avaries de peces mecàniques per desgast).

I en quan els factors en vol: condicions atmosfèriques adverses, problemes físics / psicològics dels pilots, situacions d'emergència produïdes dins de l'avió degudes a sabotatge o interferència il·lícita (segrest).

**6. Tot i que sabem que cada accident és un món. Ara bé, des del seu punt de vista, quina creu que és la combinació de factors/motius que tenen més probabilitat de desencadenar un accident aeri?**

- No és el mateix parlar de vols comercials en transport de persones i mercaderies operats per grans avions molt equipats que surten o aterren en un gran aeroport, que parlar de l'avió d'oci desenvolupat en petits aeròdroms locals amb avionetes amb instrumental molt bàsic. Tots ells són accidents.

Si parlem del primer cas, la meua opinió és que els errors humans combinats amb unes condicions fortes de vent poden ser claus perquè es produeixi un accident. No és el mateix el vent a peu de pista d'un aeròdrom que a certa alçada. Les condicions poden canviar en les diferents fases d'un vol.

Si per contra, parlem de petites aeronaus d'oci, està més clar que les condicions de vent o pluja encara afecten més notablement, però sempre la combinació d'un factor com són les diferents condicions atmosfèriques, que sempre hi són, en combinació amb qualsevol altre problema o fins i tot decisions errònies en la maniobra de l'avió pot ocasionar un accident.

7. Creiem que sempre es dona la culpa a l'eslavó més baix. En aquest cas parlem dels pilots de Spanair, que segons la CIAIAC, van determinar que la seva negligència davant la situació de no configurar els flaps/slats, va ser un dels factors determinants per la creació de l'accident. Ens agradaria saber la vostra opinió sobre aquest motiu.

- Entenc que els pilots van seguir el Checklist comprovacions. El que no em queda clar és si quan van passar aquests protocols i van comprovar aquesta configuració tenien la pressió de la mateixa companyia per marxar.

No oblidem que els temps van molt ajustats i les companyies de Low Cost fan molts viatges per amortitzar el cost d'inversió després de l'adquisició d'una aeronau. Penso que el comandant és totalment responsable de l'estat de la seva aeronau abans, durant i després d'un vol comercial, i només ho entenc com un oblit el fet que no s'hagi comprovat aquesta configuració en concret, ja que el perfil ha de ser el màxim i és fonamental per enlairar-se i aterrar.

Els pilots estan comprovant en tot moment, dades i paràmetres abans i durant totes les fases d'un vol, per tant o bé, va ser un oblit o bé, un mal entès entre els pilots i / o bé, del personal de manteniment de terra que haurien pogut cometre algun error de comprovació, que el final ningú comprovés, és a dir, supervisés.

## CONCLUSIONS

El món dels accidents aeris és un món bastant complex, ja que no existeix una única causa determinant de l'accident, sinó que és un seguit de factors encadenats que l'acaben provocant.

Un dels objectius era entendre i arribar a una conclusió pròpia sobre l'accident de Spanair. Del qual partint de l'anàlisi detallat del cas, hem pogut observar que tota la investigació que va dur a terme la CIAIAC sobre l'accident, incloent-hi tot el procés judicial, no va servir gaire per res. Deixar clar, que en cap moment volem atribuir culpabilitats, ja que això és un tema dels jutjats, però sí que creiem que és important, tant en aquest cas com en qualsevol altre accident, detectar les parts implicades, analitzar els factors pels quals s'ha originat, corregir-los, i d'aquesta manera evitar que torni a passar. Fet, que la Comissió d'Investigació, no va fer, ja que simplement es va limitar a posar la major part de culpa de l'accident als pilots.

Hem conegut doncs, que per poder continuar amb la seguretat aèria que actualment tenim, inclús millorar-la, en el moment que s'origini un accident no s'han de buscar culpables, sinó corregir tots els actors de l'operació del vol. Perquè, tots aquests tenen la seva part d'error, no de culpa. I per tant, focalitzar-se en un únic factor no ajuda a resoldre absolutament res.

Tornant en el cas de Spanair, s'acaba culpant els pilots per la seva negligència en el moment de la configuració de flaps/slats, ja que eren necessaris per poder gestionar la maniobra d'enlairament. Tot i que, no es pot negar el què és evident, i part de responsabilitat si tenien, no deixaven de ser tan sols un dels factors de tota la cadena d'errors. Ara bé, s'ha de tenir en compte, tota la resta d'errors com la inactivació del sistema TOWS, les pressions que pateixen els pilots de les companyies aèries per tal de tenir el menor temps possible l'aeronau parada, o el simple fet de les accions de manteniment que no es van realitzar correctament a l'aeroport de Madrid-Barajas.

I és que, el problema radica, en el fet que els pilots estan entregant el seu dret a la intimitat per tal d'augmentar la seguretat aèria i en alguns casos creiem que s'abusa de la situació. Se'ls hi grava les conversacions dins la cabina, des del minut 1. Fet que no passa en els altres àmbits com per exemple en l'àrea de manteniment, que també podria ser rellevant tenir constància del que es conversa durant la reparació o manteniment de l'aeronau, per saber si realment s'està seguint el protocol tal com s'estableix. L'únic cas en el qual es graven els mecànics/tècnics de manteniment, és en el moment que trepitgen la cabina.

Tanmateix després d'aquest estudi veiem que la major part de responsabilitat radica en l'àrea de manteniment, ja que per molt que el pilot tingui hores d'experiència de vol i sigui tot un professional, i que com a bon professional, valgui la redundància, sap que existeixen alertes dins el sistema de l'aeronau que el posaran en total avís si alguna cosa no va bé. Per tant, si en algun moment es desconfigura o no es revisa tal com toca l'aeronau, juntament, amb els altres factors pot acabar desembocant una catàstrofe.

Per això, per augmentar molt més la seguretat que ja existeix en el sector de l'aviació, tant el manteniment predictiu com el manteniment preventiu són claus per tal de detectar un error abans que realment sorgeixi, per així d'evitar futurs accidents.

Un dels altres objectius també, era confirmar l'extrema seguretat que el transport aeri ens brinda actualment. A partir de gràfiques que mostren l'evolució decreixent on cada cop hi ha menys accidents aeris, i això és gràcies al procés i el protocol que es manté en cada moment.

Conèixer doncs els diversos casos d'accidents que exigeixen, també era un dels nostres objectius, dels quals hem pogut analitzar que els principals són deguts al factor humà, ja sigui, per falta de comunicació terra-terra, o terra-aire, per l'estrès acumulat, la fatiga o inclús la pressió que les companyies transmeten als pilots, o bé pels factors meteorològics, els quals molts cops són difícils de controlar, però no impossibles de gestionar, així i tot, per desgràcia algun cop acaben amb un final fatal.

A més, com ja hem dit anteriorment, el factor de manteniment tècnic, creiem que té molta responsabilitat, en el sector dels accidents aeris, ja que un bon manteniment de l'aeronau és essencial per tal que l'avió pugui volar, i per contra un mal manteniment o un descuit d'una revisió pot desembocar en una gran catàstrofe, com bé confirmen alguns dels exemples d'accidents que hem explicat anteriorment. Altrament, creiem que avui dia, pel fet d'haver tingut les aeronaus tant temps estacionades, a causa de la pandèmia global que ha arribat a les nostres vides, anomenada COVID-19, en certa manera pot fer augmentar mínimament el risc de patir un nou accident aeri, en el cas que no s'augmenti el control i la supervisió en aquesta àrea.

Així doncs, estem satisfetes amb el resultat dels objectius marcats, ja que, conceptualment la memòria del projecte ha complert la majoria dels objectius plantejats en un primer moment. Tot i que durant el procés ens han sorgit alguns problemes, sobretot respecte a l'obtenció d'informació, ja que, encara que la UAB ens proporcionés el seu servei en línia, el fet de no poder desplaçar-se fins a una biblioteca per aconseguir els llibres necessaris ha estat un procés curiós, juntament amb la novetat d'haver hagut de fer totes les tutories amb la nostra tutora a partir de videotrucades. Malgrat això, a través d'internet hem pogut obtenir tota la informació necessària.

I finalment, personalment, el projecte ens ha servit per adquirir més coneixements en el tema d'accidents aeris i en el desenvolupament dels factors que hi participen.



## REFERÈNCIES

### Enllaços

- [1]. 2020. [en línia] Disponible a: <[https://www.youtube.com/watch?v=lnXj\\_nbEky0](https://www.youtube.com/watch?v=lnXj_nbEky0)>
- [2]. 2020. [en línia] Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=qU4UwPy8U3U>>
- [3]. 2020. [en línia] Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=i1-ZTuYyb4g>>
- [4]. 2020. [en línia] Disponible a: <<https://www.youtube.com/watch?v=8kwrWuHQIYs>>
- [5]. 2020. [en línia] Disponible a: <[https://www.researchgate.net/publication/282682764\\_Human\\_factors\\_models\\_for\\_aviation\\_accident\\_analysis\\_and\\_prevention](https://www.researchgate.net/publication/282682764_Human_factors_models_for_aviation_accident_analysis_and_prevention)>
- [6]. Atsb.gov.au. 2020. [en línia] Disponible a: <[https://www.atsb.gov.au/media/28363/sir199604\\_001.pdf](https://www.atsb.gov.au/media/28363/sir199604_001.pdf)>
- [7]. Cdn.aviation-safety.net. 2020. [en línia] Disponible a: <<https://cdn.aviation-safety.net/airlinesafety/industry/reports/IATA-safety-report-2017.pdf>>
- [8]. Icao.int. 2020. [en línia] Disponible a: <[https://www.icao.int/safety/State%20of%20Global%20Aviation%20Safety/ICAO\\_SGAS\\_book\\_SP\\_SEPT2013\\_final\\_web.pdf](https://www.icao.int/safety/State%20of%20Global%20Aviation%20Safety/ICAO_SGAS_book_SP_SEPT2013_final_web.pdf)>
- [9]. Icao.int. 2020. Estadístiques d'accidents. [en línia] Disponible a: <<https://www.icao.int/safety/iStars/Pages/Accident-Statistics.aspx>>
- [10]. Mitma.gob.es. 2020. Enlaces A Web De Estadístiques | Ministerio de Transportes, Moviment i Agenda Urbana. [en línia] Disponible a: <<https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/estudios-y-publicaciones/estadisticas-del-sector/enlaces-a-web-de-estadisticas>>
- [11]. Skybrary.aero. 2020. Pèrdua de control: Skybrary Aviation Safety. [en línia] Disponible a: <[https://www.skybrary.aero/index.php/Loss\\_of\\_Control](https://www.skybrary.aero/index.php/Loss_of_Control)>
- [12]. Usuari, S., 2020. Què és el manteniment predictiu. [en línia] Mantenimientopetroquimica.com. Disponible a: <<http://www.mantenimientopetroquimica.com/en/rcm/144-articles-of-interest/100-what-is-predictive-maintenance.html>>

- [13]. Ranter, H., 2020. Xarxa de seguretat de l'aviació> Base de dades de seguretat de l'aviació ASN. [en línia] Aviation-safety.net. Disponible a: <<https://aviation-safety.net/database/>>
- [14]. PwC 2020. Manteniment predictiu de les companyies aèries. [en línia] Disponible a: <<https://www.pwc.com/us/en/industries/transportation-logistics/airlines-airports/predictive-maintenance.html>>
- [15]. ENAIRE. 2020. ENAIRE. [en línia] Disponible a: <<https://www.enaire.es/home>>
- [16]. Boeing.com 2020. [en línia] Disponible a: <[http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about\\_bca/pdf/statsum.pdf](http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf)>
- [17]. Iata.org. 2020. IATA. [en línia] Disponible a: <<https://www.iata.org/>>
- [18]. Geaviation.com. 2020. Solucions digitals | GE Aviation. [en línia] Disponible a: <<https://www.geaviation.com/digital>>

## Articles

- [1]. Boeing.com 2020. AERO - Procés d'investigació MEDA. [en línia] Disponible a: <[https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_2\\_07/article\\_03\\_2.html](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/article_03_2.html)>
- [2]. 2019-vlex-com.are.uab.cat. 2020. La Investigació d'Accidents Aeris. [en línia] Disponible a: <[https://2019-vlex-com.are.uab.cat/#/search/jurisdiction:EA+content\\_type:4+source:1846/La+investigaci%C3%B3+de+accidentes+a%C3%A9reos/WW/vid/418490](https://2019-vlex-com.are.uab.cat/#/search/jurisdiction:EA+content_type:4+source:1846/La+investigaci%C3%B3+de+accidentes+a%C3%A9reos/WW/vid/418490)>

## Informes

- [1]. Casares, R., 2020. Informe Final Del Accident d'Espanyol En Barajas - BCV Lex | Advocats d'Accidents Aéreos. [en línia] BCV Lex | Advocats d'accidents aeris. Disponible a: <<https://bcvlex.com/en/informe-final-del-accidente-de-spanair-en-barajas/>>

## ANNEX I – REGIONAL AVIATION SAFETY GROUP REGIONS

### RASG-AFI (48)

Angola	Congo	Ghana	Mauritius	Somalia
Benin	Côte d'Ivoire	Guinea	Mozambique	South Africa
Botswana	Democratic Republic of the Congo	Guinea-Bissau	Namibia	South Sudan
Burkina Faso	Djibouti	Kenya	Niger	Togo
Burundi	Equatorial Guinea	Lesotho	Nigeria	Uganda
Cameroon	Eritrea	Liberia	Rwanda	United Republic of Tanzania
Cabo Verde	Eswatini	Madagascar	Sao Tome and Principe	Zambia
Central African Republic	Ethiopia	Malawi	Senegal	Zimbabwe
Chad	Gabon	Mali	Seychelles	
Comoros	Gambia	Mauritania	Sierra Leone	

### RASG-APAC (39)

Afghanistan	Democratic People's Republic of Korea	Malaysia	New Zealand	Solomon Islands
Australia	Fiji	Maldives	Pakistan	Sri Lanka
Bangladesh	India	Marshall Islands	Palau	Thailand
Bhutan	Indonesia	Micronesia (Federated States of)	Papua New Guinea	Timor-Leste
Brunei Darussalam	Japan	Mongolia	Philippines	Tonga
Cambodia	Kiribati	Myanmar	Republic of Korea	Tuvalu
China	Lao People's Democratic Republic	Nauru	Samoa	Vanuatu
Cook Islands		Nepal	Singapore	Viet Nam

### RASG-EUR (56)

Albania	Cyprus	Israel	North Macedonia	Sweden
Algeria	Czechia	Italy	Norway	Switzerland
Andorra	Denmark	Kazakhstan	Poland	Tajikistan
Armenia	Estonia	Kyrgyzstan	Portugal	Tunisia
Austria	Finland	Latvia	Republic of Moldova	Turkey
Azerbaijan	France	Lithuania	Romania	Turkmenistan
Belarus	Georgia	Luxembourg	Russian Federation	Ukraine
Belgium	Germany	Malta	San Marino	United Kingdom
Bosnia and Herzegovina	Greece	Monaco	Serbia	Uzbekistan
Bulgaria	Hungary	Montenegro	Slovakia	
Croatia	Iceland	Morocco	Slovenia	
	Ireland	Netherlands	Spain	

### RASG-MID (15)

Bahrain	Iran (Islamic Republic of)	Lebanon	Qatar	Syrian Arab Republic
Egypt	Jordan	Libya	Saudi Arabia	United Arab Emirates
Iraq	Kuwait	Oman	Sudan	Yemen

# RASG-PA (35)

Antigua and Barbuda	Canada	El Salvador	Nicaragua	Suriname
Argentina	Chile	Grenada	Panama	Trinidad and Tobago
Bahamas	Colombia	Guatemala	Paraguay	United States
Barbados	Costa Rica	Guyana	Peru	Uruguay
Belize	Cuba	Haiti	Saint Kitts and Nevis	Venezuela (Bolivarian Republic of)
Bolivia (Plurinational State of)	Dominica	Honduras	Saint Lucia	
Brazil	Dominican Republic	Jamaica	Saint Vincent and the Grenadines	
	Ecuador	Mexico		